



Encaminhamento Inter-AS

Protocolo BGP



Redes de Comunicação de Dados

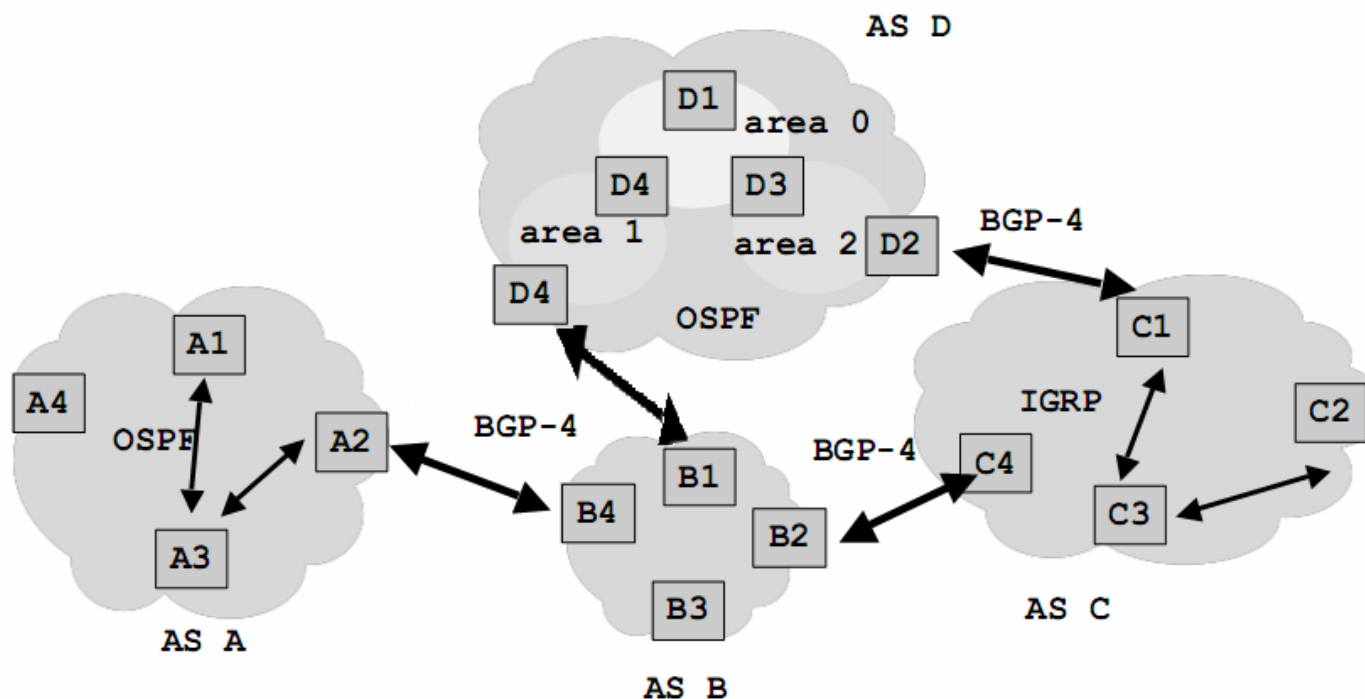


- Introdução
- Border Gateway Protocol
- Mensagens BGP
- Atributos de Rotas
- Cenário prático: BGP
- Exemplos práticos BGP

Interligações de Inter-AS



- **Routers fronteira** interligam os AS (Sistemas Autônomos), anunciam uma ou mais rotas para as suas redes internas e aprendem rotas para redes externas
- Um AS pode ser de **trânsito**, **stub** e **multihomed**



Endereçamento e identificação de AS



- Um AS é identificado por um número (ASN):
 - 16 bits (há já em testes na Internet ASN a 32bit)
 - Atribuídos por *registrars*
 - Números privados: 64512 a 65535
 - Apenas os AS não **stub** necessitam de um número AS
- *Classless and Subnet Address Extensions* (CIDR)



- Conjunto de blocos CIDR agregados
- Mantêm uma única e consistente política de encaminhamento,
 - Por exemplo, pode não permitir que tráfego exterior faça trânsito (atravesse) pelo AS
- Pode coincidir com um domínio, mas um domínio pode ser constituído por vários AS
- Normalmente, operam sob a mesma administração técnica
- Um ou mais *routers* fronteira, usa um protocolo IGP para interligar todas as redes internas ao AS

Quais são as tarefas de um *router* Inter-AS?



- Recebe e filtra anúncios de rotas de *routers* vizinhos directamente ligados
- Selecciona a “melhor” rota
 - Para alcançar o destino X, quais dos caminhos (dos vários anunciados) deve ser escolhido ?
 - As políticas de encaminhamento influenciam a decisão
- Envia anúncios de rotas aos *routers* vizinhos

Encaminhamento Inter-AS: BGP



- O protocolo BGP é o protocolo mais utilizado (único) para encaminhamento entre AS na Internet,
 - BGPv4 é a versão mais utilizada, definida no RFC1771 (obsoleta) e RFC4271
- O protocolo BGP tem as seguintes características:
 - Suporta CIDR (*Classless InterDomain Routing*), transporte de rotas IPv6 e IP Multicast
 - Permite a agregação de rotas de forma a reduzir informação de encaminhamento
 - Não impõe quaisquer restrições à topologia da rede
 - Assume que o encaminhamento dentro de cada AS não é da sua responsabilidade
 - Permite interligar os AS internamente com diferentes protocolos IGP
 - p.e. um AS com OSPF e outro com RIP



- Introdução
- Border Gateway Protocol
- Mensagens BGP
- Atributos de Rotas
- Cenário prático: BGP
- Exemplos práticos BGP

Encaminhamento Inter-AS: BGPv4



- BGP é um protocolo do tipo *path-vector*
- No BGP são anunciados caminhos completos, uma lista de AS
 - Exemplo de anúncio de caminho: A rede 171.64/16 pode ser alcançada através do caminho {AS1, AS5, AS13}
- Ciclos nos caminhos são detectados localmente e ignorados
- Políticas locais escolhem o caminho preferido entre várias opções
- Quando uma ligação/router falha, o caminho é “retirado” (*withdraw*)

Encaminhamento *Path-Vector* no BGP (1)

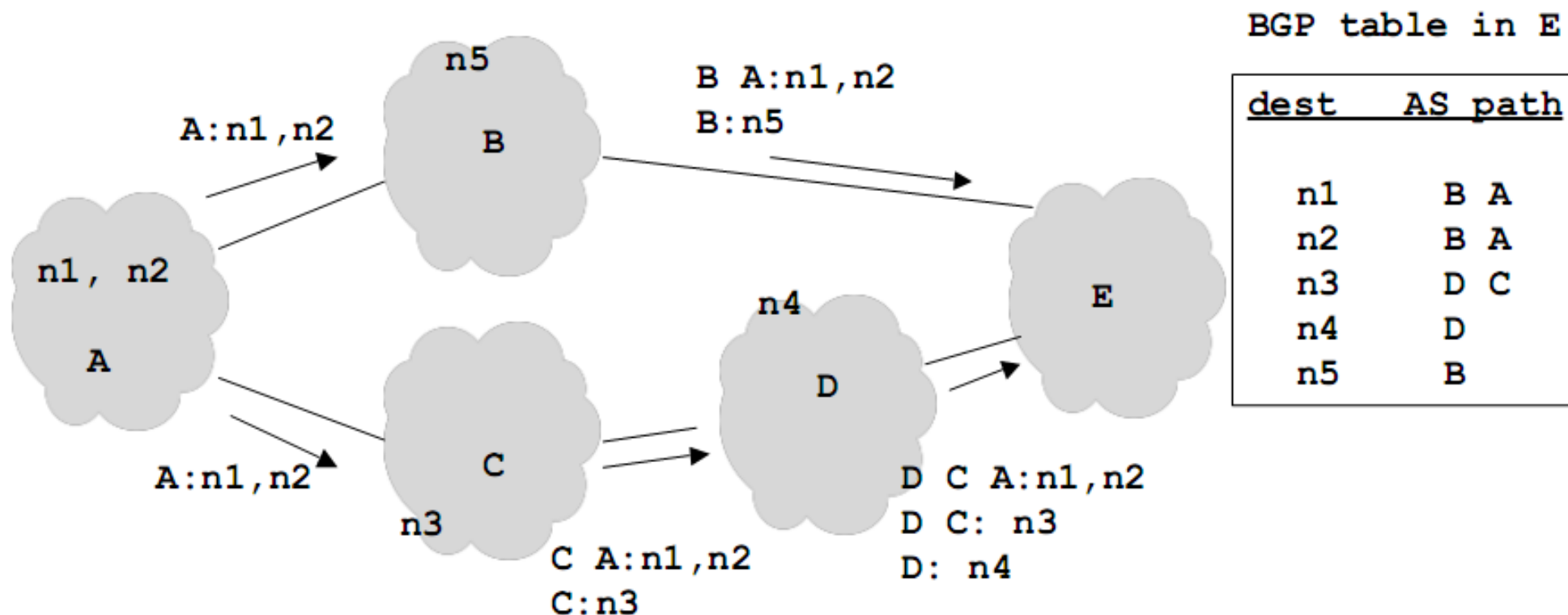


- Cada AS mantém uma tabela dos melhores caminhos conhecidos
- **A tabela é actualizada usando regras locais => políticas**
 - As características técnicas das ligações não são consideradas
 - Quebras de ligações podem causar problemas de conectividade
 - Sofre de problemas de lentidão de convergência idênticos aos dos protocolos *vector-distance* (ex. RIP)

Encaminhamento *Path-Vector* no BGP (2)



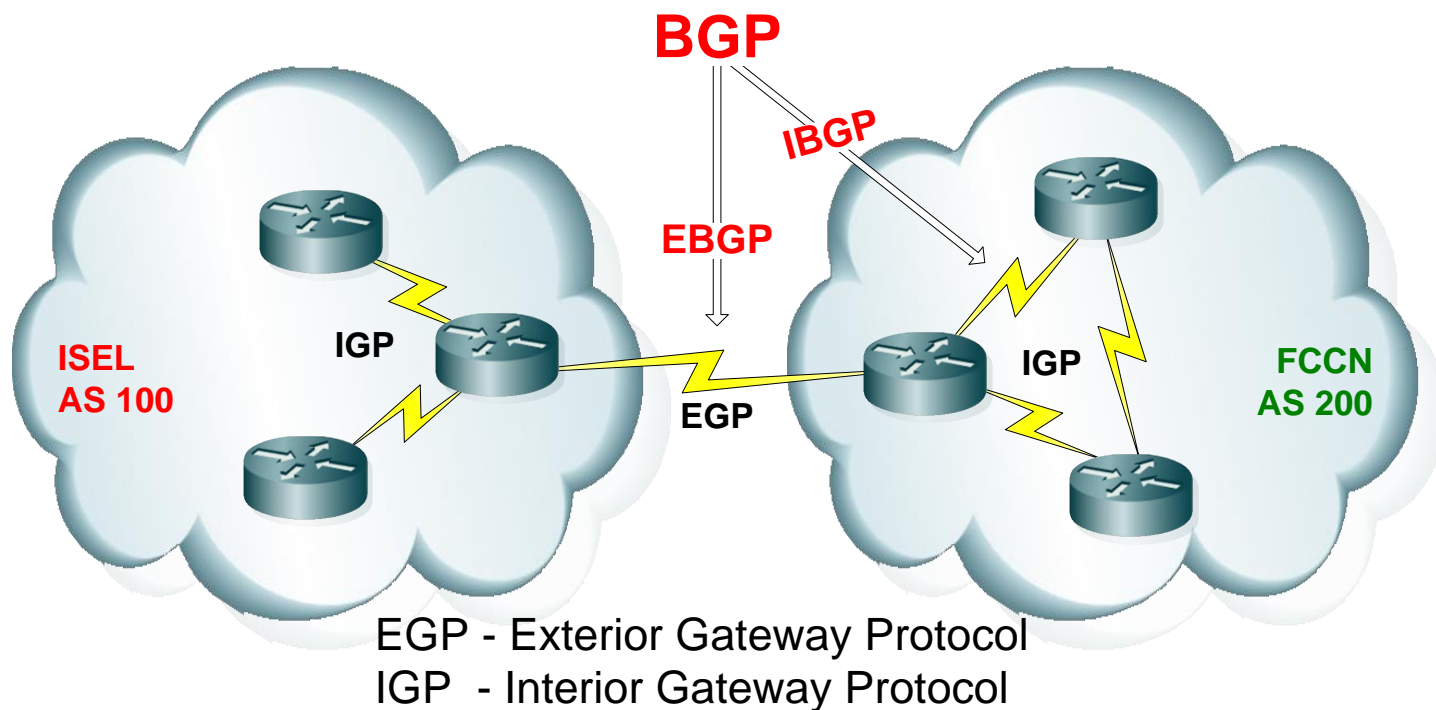
- Um anúncio de B para E para um dado destino (p.e. n1), permite ao E encaminhar pacotes via B para todas as redes desse destino (n1 e n2)



iBGP vs. eBGP



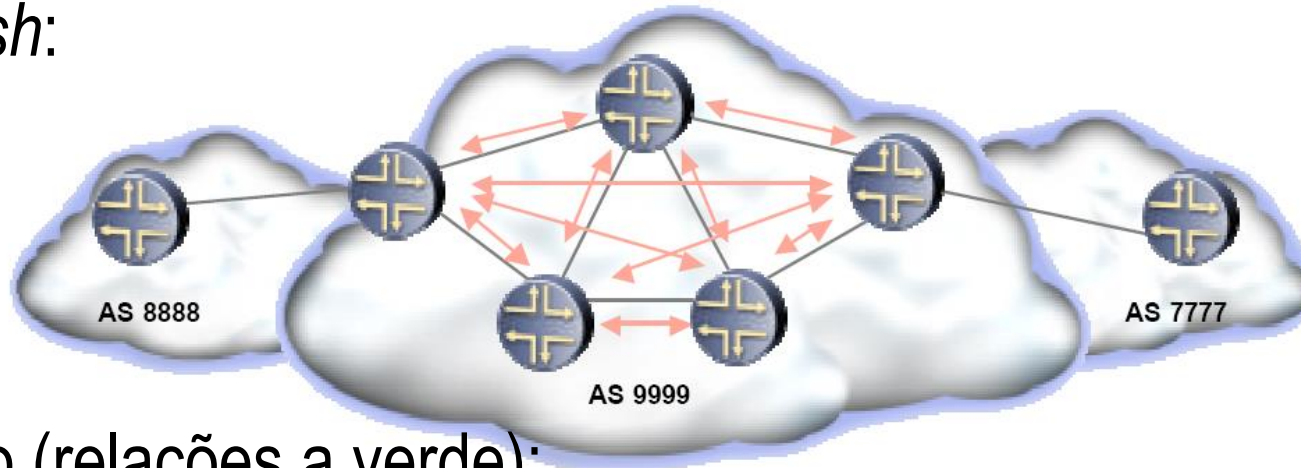
- Sessões BGP são estabelecidas entre *peers*
 - BGP *Speakers*: *routers* capazes de “falar” BGP
- Dois tipos de sessões de *peering*:
 - eBGP (externo) *peers* de AS diferentes: Para distribuir rotas entre *routers* de AS distintos
 - iBGP (interno) *peers* dentro do mesmo AS: Para distribuir rotas (exteriores) dentro do AS



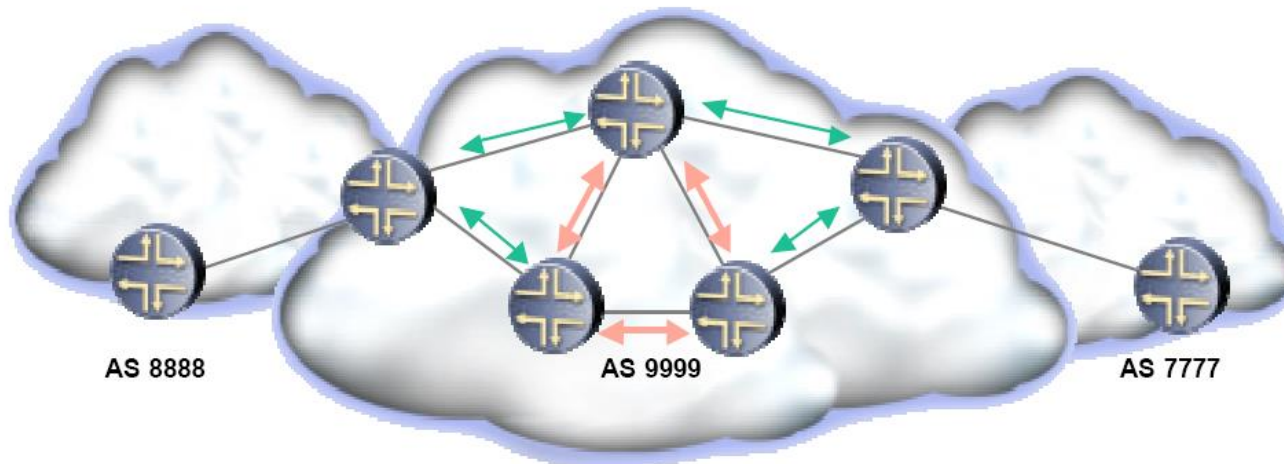


- Utiliza-se entre *routers* que pertençam ao mesmo AS de forma a distribuir rotas exteriores
- Tipicamente é implementado com todos os *peers* interligados entre si (*full mesh*)
 - A análise do caminho (AS_PATH) não permite eliminar ciclos internos
 - Um *router* BGP não encaminha via iBGP rotas aprendidas através de outros peers iBGP
- O facto de usar *full-mesh* adiciona sobrecarga de processamento
- Dois métodos para minimizar a quantidade de ligações:
 - Reflexão: um *peer* iBGP anuncia uma rota aprendida via iBGP para outro *peer* iBGP, novos atributos foram criados para evitar ciclos
 - Confederações: Divide um AS em vários sub-AS, podem utilizar número de AS privados iBGP e é realizado *full-mesh* dentro dos sub-AS

- *Full-mesh:*



- Reflexão (relações a verde):



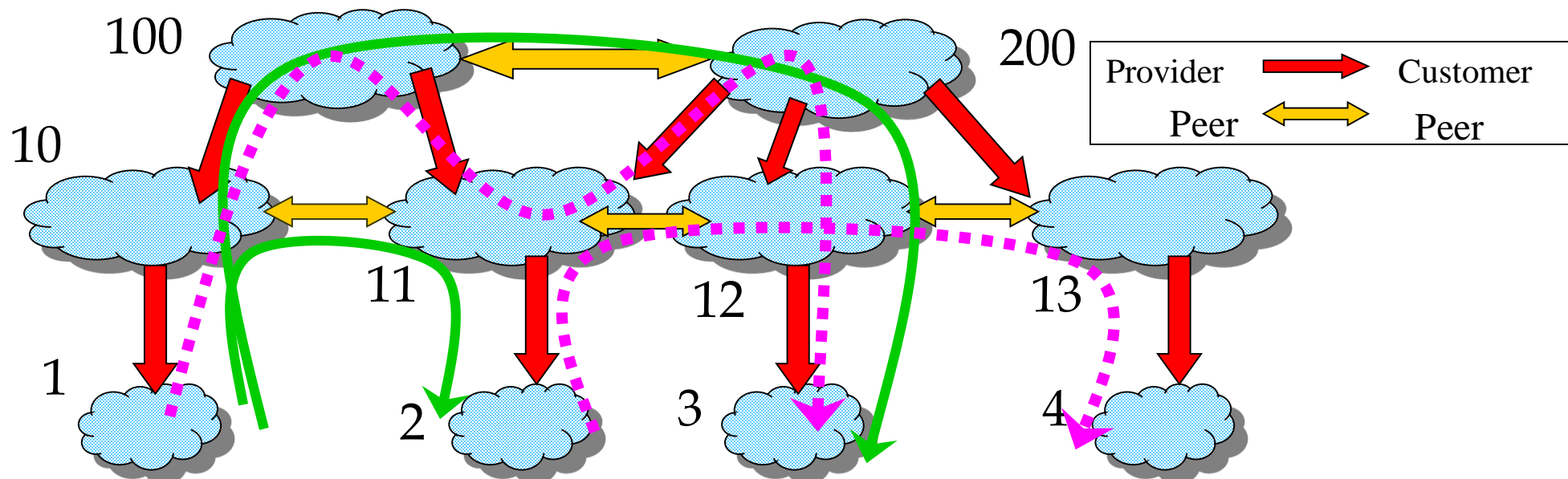


- **Sessão BGP** – Ligação TCP entre dois *peers* BGP. O estado da ligação é monitorizado regularmente (*keepalive*)
- **Router fronteira** – *router* com ligação a um ou mais AS
- **Tráfego local** – tráfego com origem ou terminação no AS em causa
- **Tráfego de trânsito** – tráfego que não se inicia ou termina no AS em causa, i.e. atravessa o AS
- **Percurso AS** (*AS Path*) – lista de todos os números de AS atravessados por uma rota no contexto de troca de informação de encaminhamento
- **Anuncio** – O BGP anuncia aos seus vizinhos todos os caminhos (rotas) para se alcançar um determinado destino



- Fornecedor (FCCN fornece acesso à Internet ao ISEL)
 - Anunciar todas as rotas aprendidas através de outros AS
- Cliente (IPL é cliente de Internet da FCCN, IPL paga à FCCN)
 - Anunciar todas as rotas que estão sobre o seu domínio (redes do AS)
 - Importa todas as rotas (ver mais à frente que por vezes não é necessário)
- *Peers* (PT, Novis e FCCN são *peers*, o custo da ligação é partilhado):
 - Peering é uma relação entre ISP (ISP1 e ISP2) recíproca que fornece conectividade a cada cliente de ambos os ISP (C1 e C2)
 - Anunciar apenas rotas de todos os clientes de ISP1
 - Importar apenas rotas dos clientes do ISP2
 - Estas rotas são definidas de comum acordo

Exemplo de políticas de encaminhamento



- Regras de encaminhamento:
 - Fornecedor aceita tudo
 - Faz *peer* apenas se for para os seus clientes

- Propriedades dos caminhos:
 - Cima depois baixo
 - Sem cima-baixo-cima,
 - No máximo 1 passo de *peer-peer*

Anúncios de rotas: Políticas de encaminhamento

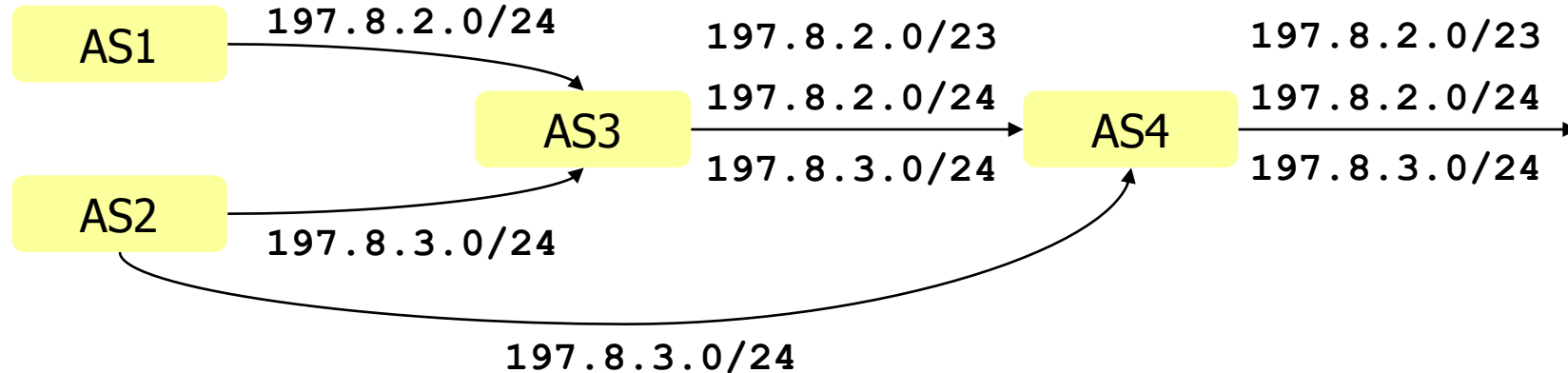


- Conjunto de regras que restringem o encaminhamento de forma a cumprir regras do administrador do AS
- São configuradas nos *routers*, restringindo ou permitindo anúncios de rotas ou fazendo a edição de caminhos
- Exemplo 1: Um AS *multihomed* pode recusar a passagem de tráfego de trânsito facilmente, bastando não anunciar quaisquer rotas que não as suas
- Exemplo 2: Um AS *multihomed* pode permitir a passagem de tráfego de trânsito entre dois AS, bastando anunciar selectivamente algumas rotas dos dois AS

Anúncios de rotas: Agregação BGP



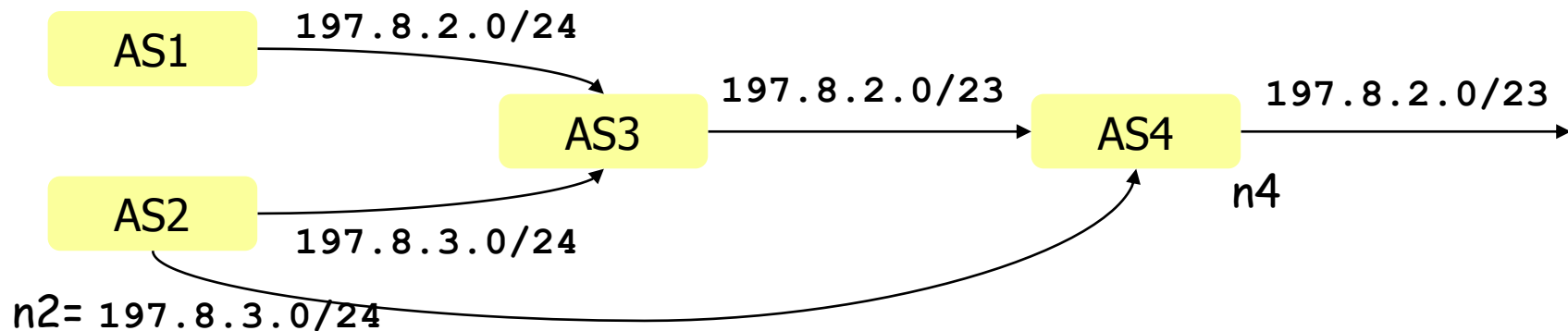
- Agregação é uma forma de reduzir o número de rotas
 - Os AS de trânsito têm de conhecer todas as rotas da Internet (> 170k)
 - Tabelas de encaminhamento gigantes e anúncios BGP muito grandes
- Exemplo sem agregação:



Anuncios de rotas: Agregação BGP



- Agregação de rotas deve ser efectuada sempre que possível:
 - Quando os prefixos agregados têm o mesmo caminho antes do ponto de agregação
 - Ou mesmo quando os prefixos agregados têm caminhos de comprimento igual (AS3)
- Um AS pode decidir:
 - Agregar rotas apenas quando as exportar
 - Mas manter diferentes entradas no seu domínio
 - por exemplo AS4 manter duas formas de chegar a n2

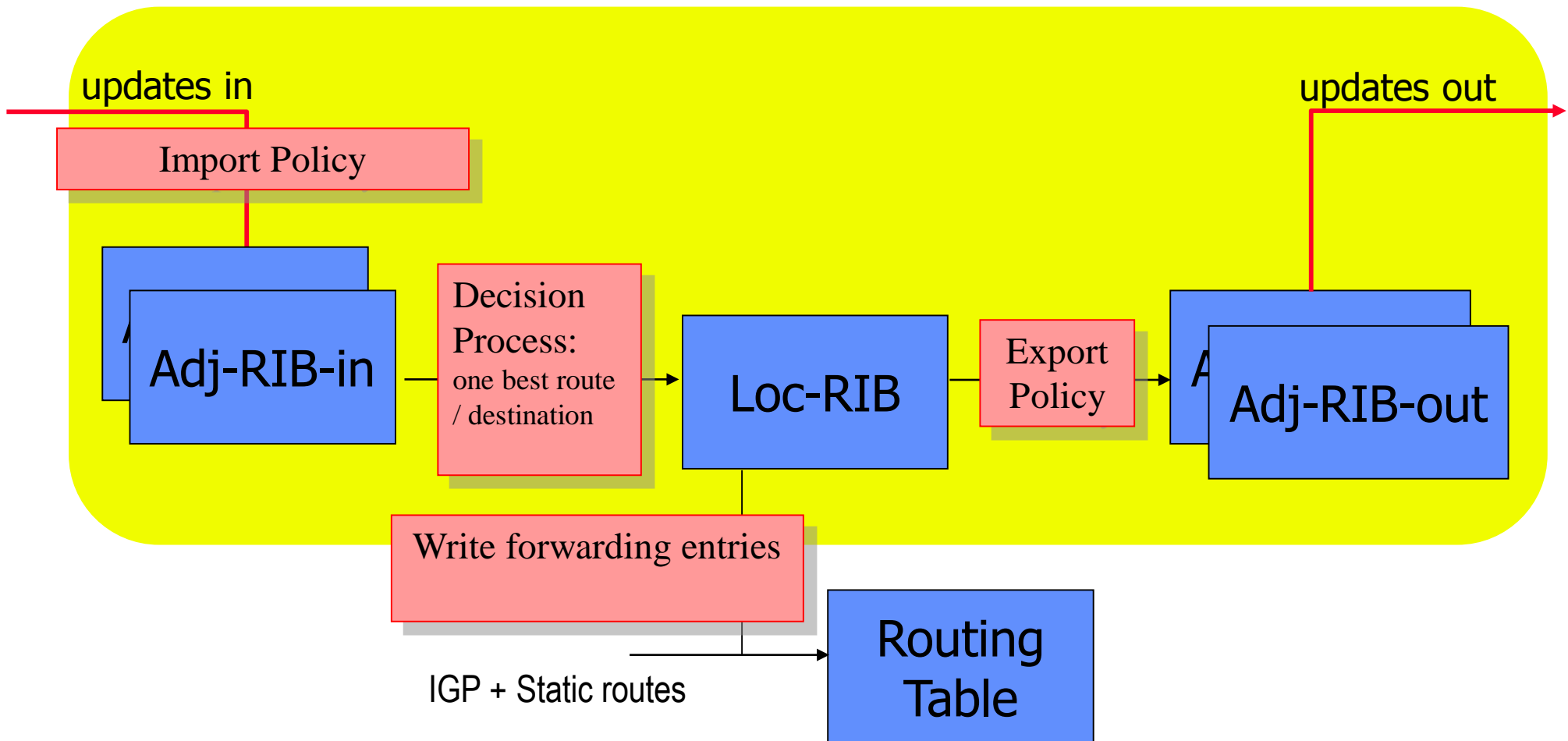


Funcionamento do BGP



- Um *router* BGP recebe **anúncios de rotas e atributos** (propriedades das rotas) dos seus *routers* BGP vizinhos
- Um mecanismo de **políticas de entrada** para filtrar os anúncios de rotas recebidos e manipular os seus atributos
- Um **processo de decisão** que escolhe as rotas a usar
- As rotas escolhidas pelo processo de decisão vão para uma **base de dados** e para a **tabela de encaminhamento** do *router* em questão.
- Um mecanismo de **políticas de saída** para filtrar as rotas a anunciar (contidas na base de dados) e os seus atributos

Processamento das rotas BGP em cada *router*



Rotas, RIB e tabela de encaminhamento



- Os campos enviados nas mensagens BGP são chamados de “**rotas**”. As **rotas** mais os seus **atributos** são guardadas em:
 - **Adj-RIB-In**: Contém informação de encaminhamento não processada que foi anunciada ao *router* local pelos seus *peers*.
 - **Adj-RIB-Out**: Contém informação das rotas a serem anunciadas a *peers* específicos através de mensagens UPDATE
 - **Loc-RIB**: Contém as rotas que foram seleccionadas pelo processo de decisão do *router* local.
- Um *router* BGP também tem uma **tabela de encaminhamento IP**
 - Usada para o encaminhamento de pacotes em tempo real
 - Atenção que esta tabela não é o mesmo que as RIB



- Uma rota BGP é constituída por:
 - Destino (rede + máscara = prefixo)
 - Atributos:

ORIGIN	ATOMIC-AGGREGATE (rota não pode ser desagregada)
NEXT-HOP	AS-PATH (caminho para o destino)
LOCAL-PREF	AGGREGATOR (quem agregou a rota)
MULTI-EXIT-DISC (MED)	WEIGHT

- Informa que consegue alcançar e não como encaminhar
 - Diferente dos protocolos de encaminhamento intra-AS

De que forma as tabelas de encaminhamento são obtidas?



- De que forma todos os *routers* do seu AS podem conhecer as rotas obtidas por eBGP?
- Redistribuição:
 - Rotas aprendidas por BGP são passadas ao IGP (e.g. OSPF)
 - Exemplo: O OSPF propaga estas rotas como LSA do tipo 5 a todos os *routers* a correr OSPF
 - Não muito usado na prática (*overhead* nos *routers* internos do AS)
- Injecção:
 - Todos os *routers* correm iBGP além do protocolo IGP (com poucas rotas)
 - Rotas aprendidas pelo BGP são reescritas na tabela de encaminhamento dos *routers*
 - *Recursive table lookup* é efectuado em todos os *routers*
 - Usa-se confederação e reflexão para minimizar o número de ligações

Processo de decisão de rotas



- Aplica o **processo de decisão** e guarda os resultados em **Loc-RIB** (global ao BGP *speaker*)
 - Decide que rotas deve aceitar entre todas as presentes nos diferentes **Adj-RIB-in**
 - Para cada prefixo de rede, é seleccionada uma rota
- Nos **envios** aos vizinhos
 - Decide se deve enviá-las ou não (política de *export*)
 - Agrega múltiplas rotas numa só, se aplicável
 - Guarda resultado em **Adj-RIB-out** (um por BGP *peer*) e envia ao vizinho
 - Apenas rotas aprendidas por eBGP são enviadas a um vizinho iBGP
 - Envia *updates* quando **Adj-RIB-out** é alterada
- **Escreve as entradas** na tabela de encaminhamento, ou directamente ou por redistribuição no IGP

Algoritmo de decisão do BGP (*routers* Cisco)



Regras para o cálculo do melhor caminho (lista por ordem de importância):

1. Prefere o caminho com o maior peso (atributo ***weight***)
2. Prefere o caminho com a maior preferência local (atributo ***local preference***)
3. Prefere o caminho que foi originado pelo BGP a correr no *router* local
4. Prefere o caminho mais curto (atributo ***AS_path*** mais curto)
5. Prefere o caminho com a origem mais baixa (atributo ***origin***, em que IGP < EGP < *incomplete*)
6. Prefere o caminho com o atributo **MED** mais baixo
7. Prefere o caminho externo (eBGP) em detrimento do caminho interno (iBGP)
8. Prefere o caminho com a métrica IGP mais baixa para o **next-hop** do BGP
9. Prefere a rota que é recebida do *router* BGP com o *router* ID mais baixo
10. Prefere a rota que é recebida do endereço IP mais baixo

Ver: http://www.cisco.com/en/US/tech/tk365/technologies_tech_note09186a0080094431.shtml



- Introdução
- Border Gateway Protocol
- Mensagens BGP
- Atributos de Rotas
- Cenário prático: BGP
- Exemplos práticos BGP

Mensagens BGP



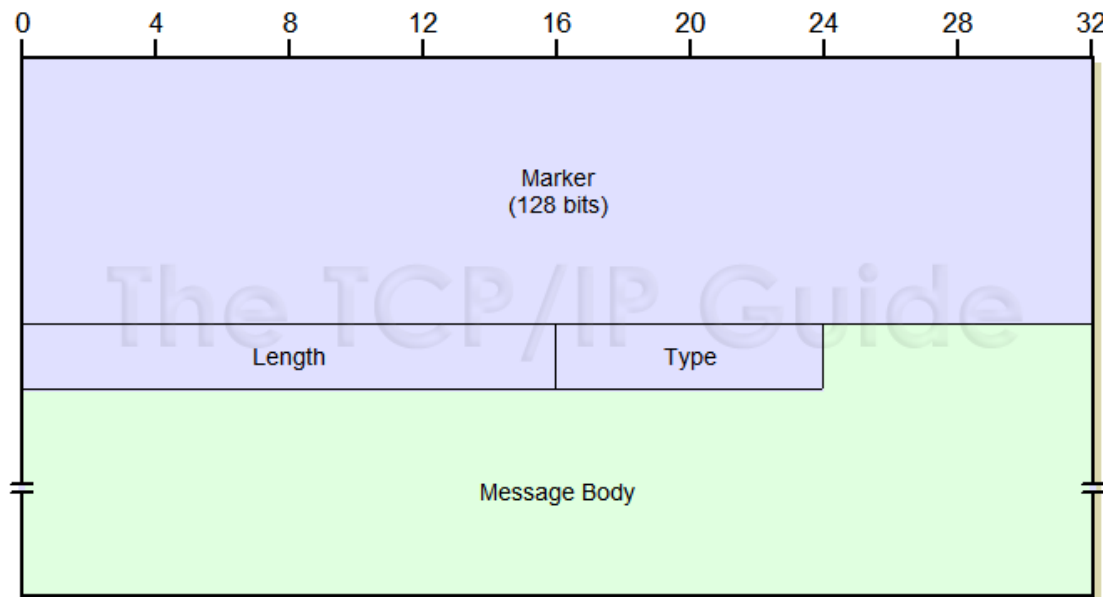
- As mensagens BGP são trocadas através do protocolo TCP
- No protocolo BGP, em vez de se anunciar o destino e a distância para alcançar o destino (*distance-vector*), é anunciado uma descrição de todo o percurso (*path-vector*)

Mensagem	Descrição
OPEN	abre uma ligação TCP para um <i>peer</i> e autentica emissor
UPDATE	anuncia novo caminho (ou retira o antigo)
KEEPALIVE	mantêm a ligação aberta na ausência de mensagens de UPDATE; também serve como ACK ao pedido de OPEN
NOTIFICATION	reporta erros nas mensagens anteriores; também é utilizada para fechar a ligação

Cabeçalho comum



Campo	Dimensão	Descrição
Marker	16 bytes	Usado para sincronização e autenticação, garante a autenticidade das mensagens depois da ligação estabelecida
Length	2 bytes	Comprimento total da mensagem em bytes, pode ir de 19 a 4096 bytes
Type	1 byte	Tipo da mensagem: 1 – OPEN, 2 – UPDATE, 3 – NOTIFICATION, 4 – KEEPALIVE
Dados	Variável	Contêm os dados específicos a cada tipo de mensagem

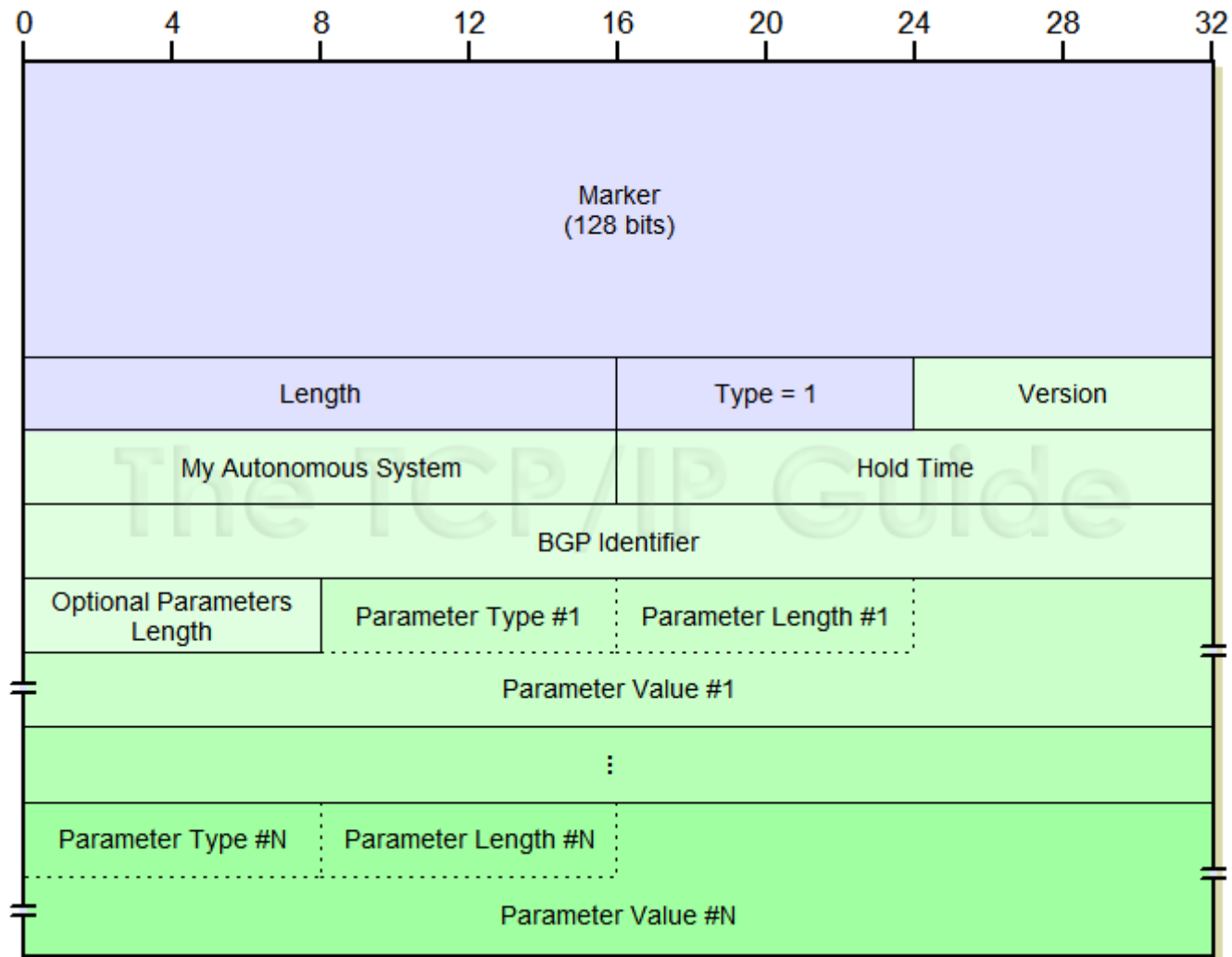


Mensagem OPEN



- Após a ligação TCP ser estabelecida, os *peers* BGP trocam mensagens “*open*” para criarem uma ligação BGP
 - É só depois de estabelecida a ligação BGP que os *peers* trocam informação de encaminhamento
 - Um *peer* dá *acknowledge* a uma mensagem OPEN com a mensagem KEEPALIVE.
 - Para que a ligação BGP seja inicializada cada *peer* deve enviar um OPEN e receber um *KEEPALIVE* (caso ocorra um erro a mensagem NOTIFICATION pode ser enviada a descrever o problema)
- Campos relevantes do OPEN:
 - Version: BGP-3 ou BGP-4;
 - *My Autonomous System*: AS de onde veio a mensagem
 - *Hold Time*: Tempo (segundos) entre mensagens KEEPALIVE ou UPDATE
 - *BGP Identifier*: Identificador do *router* (normalmente o IP de maior valor numérico)
 - *Optional Parameters*: Campo de comprimento variável com lista de parâmetros no formato *<type, length, value>*

Mensagem OPEN



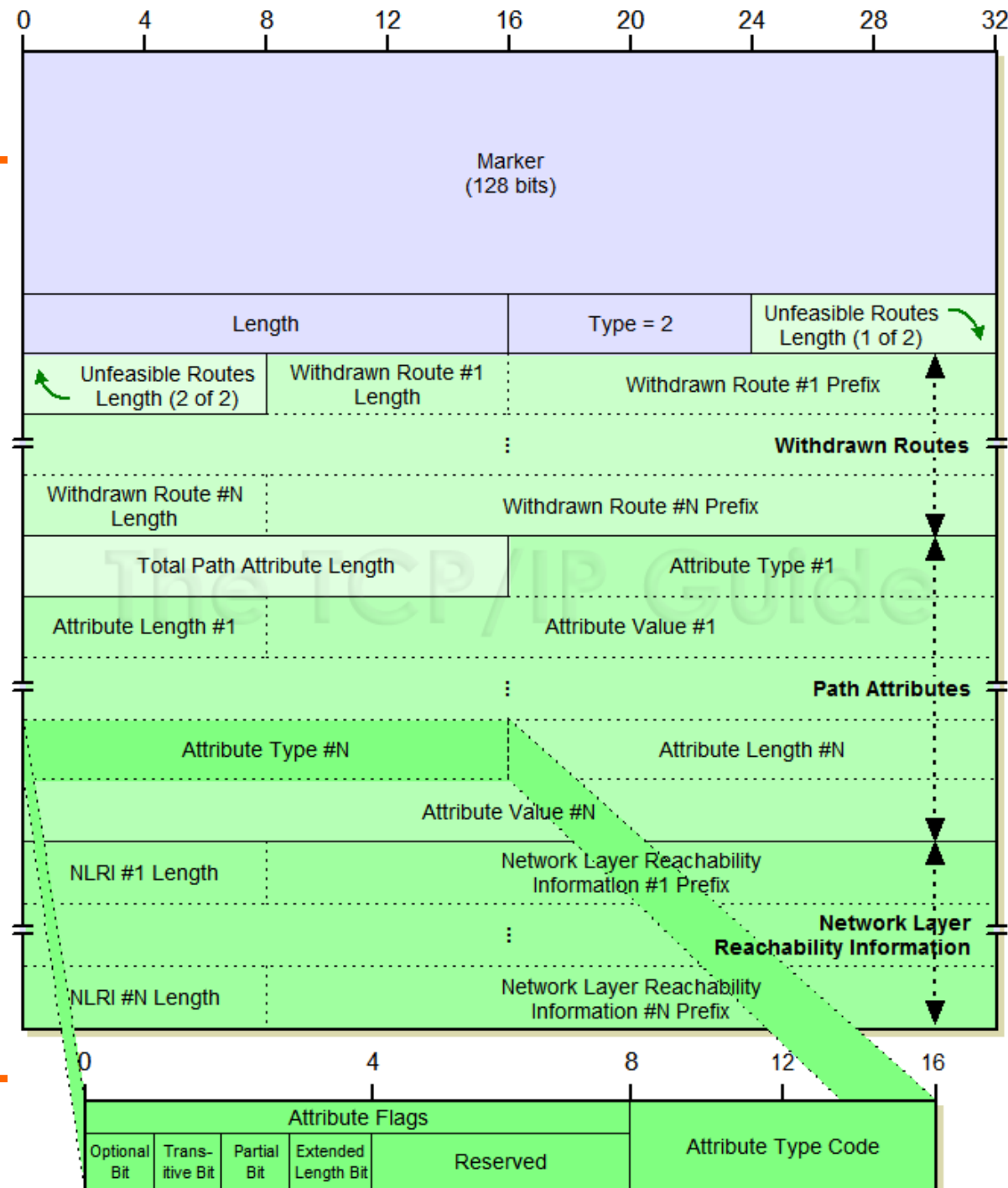
Mensagem UPDATE



- As mensagens UPDATE transportam toda a informação para que um sistema BGP construa um grafo descrevendo as relações entre todos os AS
- Cada mensagem UPDATE contém uma ou ambas das seguintes partes:
 - Anúncio de uma ÚNICA rota: Características (atributos e destinos) de uma única rota
 - Muitos destinos (redes) podem partilhar a mesma rota e os mesmos atributos
 - Retirada de uma ou mais rotas: Uma lista de redes que deixaram de ser atingíveis

UPDATE

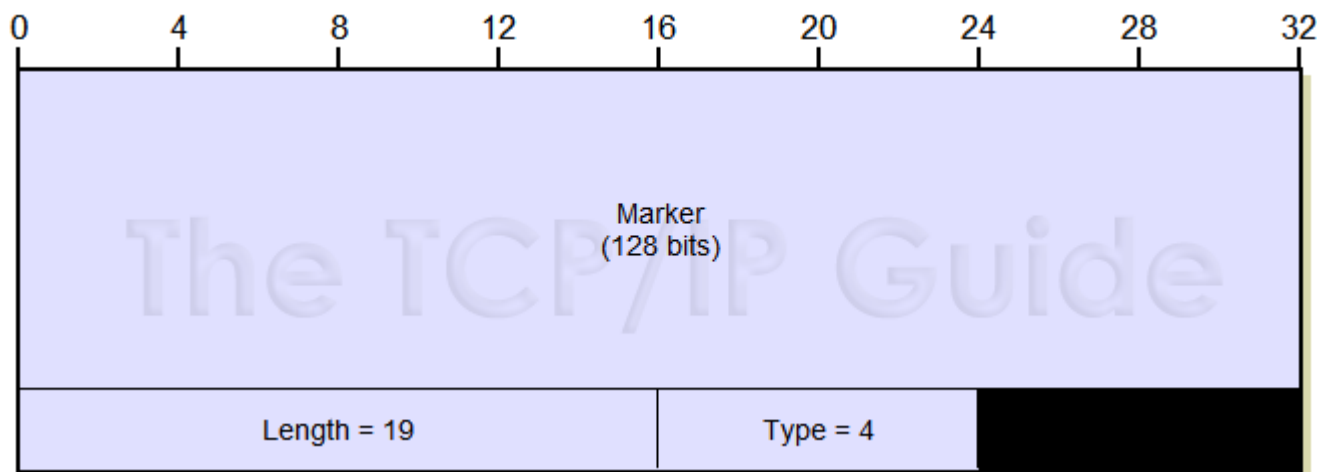
- **Unfeasible Routes Length:** Comprimento do campo *Withdrawn Routes*, se for 0 não há rotas a retirar
- **Withdrawn Routes:** Especifica os endereços das redes a retirar (formato prefixo/comp)
- **Total Path Attribute Length:** Comprimento do campo *Path Attributes*
- **Path Attributes:** Descreve os atributos do caminho para a rota anunciada (atributo, comp, valor), é aqui que é especificado o AS_PATH
- **Network Layer Reachability Information:** Contêm uma lista de redes que são anunciadas como atingíveis no formato CIDR



Mensagem KEEPALIVE



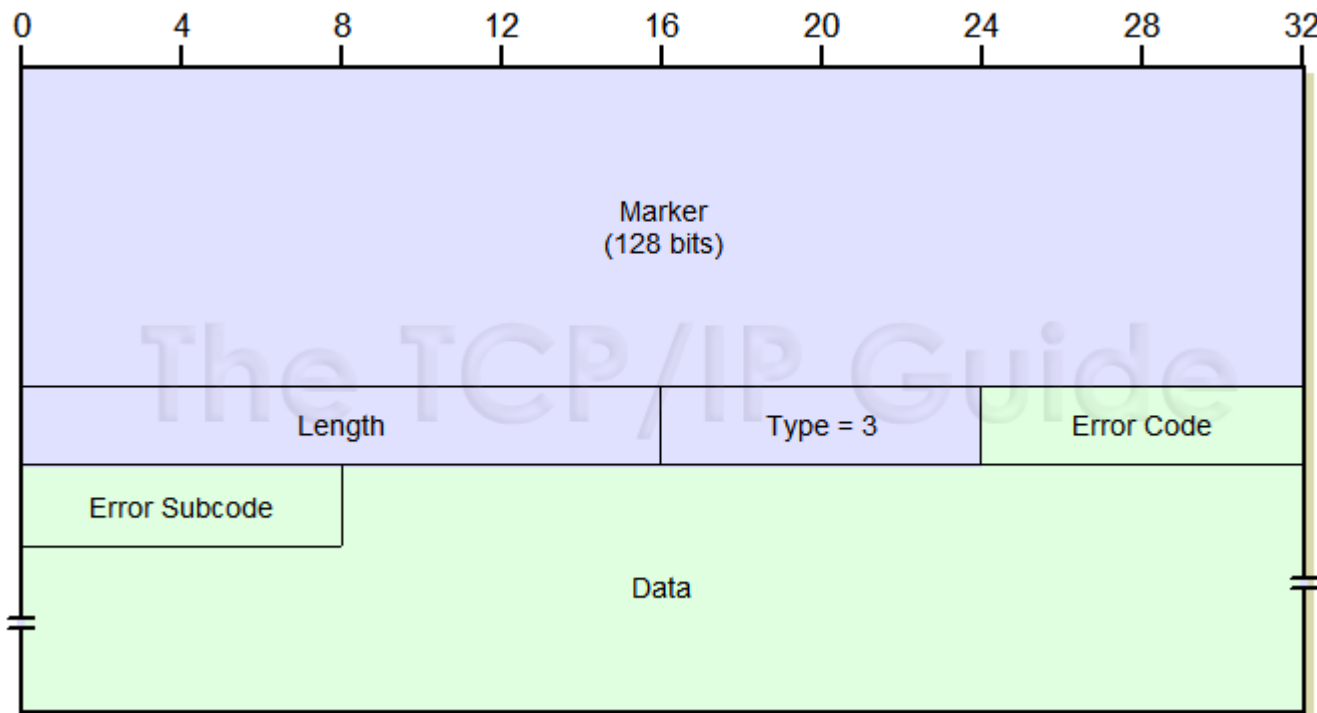
- No BGP trocam-se mensagens KEEPALIVE para determinar se uma ligação ou um *peer* falhou ou não está disponível
 - Estas mensagens são trocadas frequentemente, deve-se garantir que o “*hold time*” não expira
 - Normalmente enviam-se periodicamente com $T = \text{“hold timer”}/3$.
- Esta mensagem contém apenas o cabeçalho BGP *header*

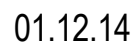


Mensagem NOTIFICATION



- No BGP são enviadas mensagens NOTIFICATION quando ocorre um erro no sistema
 - Após o envio da mensagem NOTIFICATION a sessão BGP e a ligação TCP são fechadas







- Introdução
- Border Gateway Protocol
- Mensagens BGP
- Atributos de Rotas
- Cenário prático: BGP
- Exemplos práticos BGP



- Existem quatro tipos de atributos:
 - **Well-Known Mandatory:** São os mais importantes, devem ser incluídos ao anunciar a rota e processados por cada *router* BGP que os receba
 - **Well-Known Discretionary:** Se forem recebidos devem ser reconhecidos e processados pelo *router* BGP mas podem ou não ser incluídos no anúncio da rota com este tipo de atributo
 - **Optional Transitive:** Podem ou não ser reconhecidos por um *router* BGP mas devem ser incluídos no anúncio para outros *routers* BGP
 - **Optional Non-Transitive:** Atributos opcionais que podem ou não ser reconhecidos por um *router* BGP mas não são anunciados a outros *routers* BGP

ORIGIN

AS-PATH: (caminho para o destino)

NEXT-HOP

ATOMIC-AGGREGATE (rota não pode ser desagregada)

AGGREGATOR (quem agregou a rota)

MULTI-EXIT-DISC (MED)

LOCAL-PREF

WEIGHT

Atributo ORIGIN

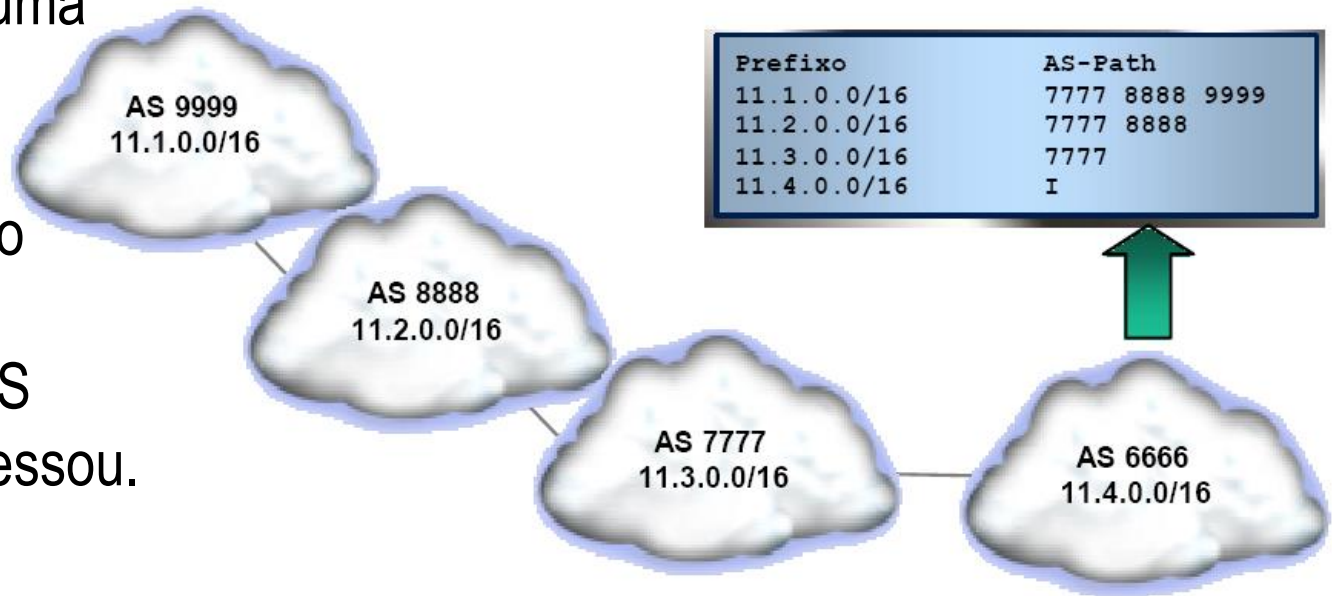


- Tipo: *Well-Known Mandatory*
- Indica como o BGP aprendeu sobre uma rota particular.
 - IGP
 - A rota é interior no sistema autónomo, aprendida por iBGP
 - EGP
 - A rota foi aprendida por eBGP, de um AS diferente
 - Incomplete
 - A origem da rota é desconhecida ou aprendida de outro modo (via outro protocolo, ex: RIP, OSPF...)

Atributo AS_PATH



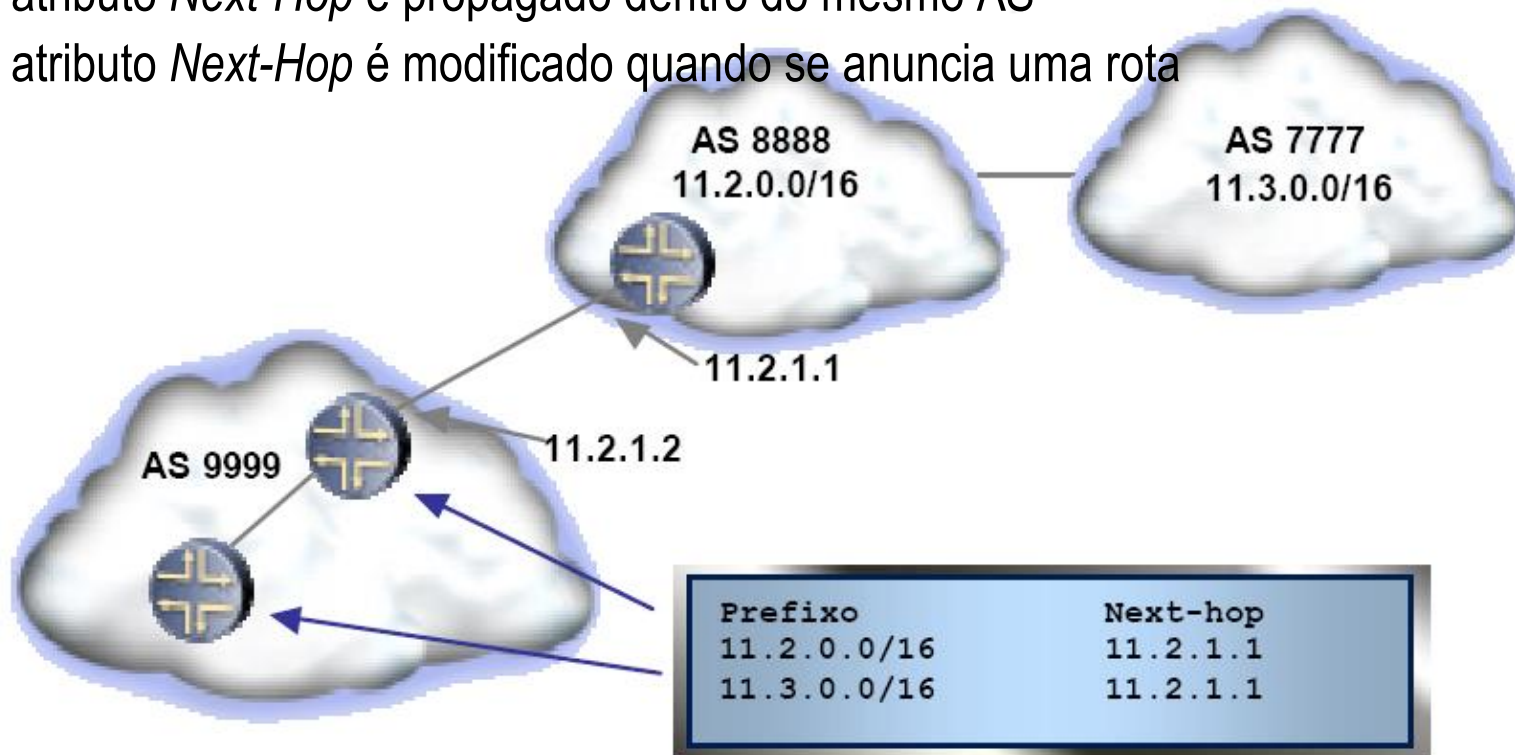
- Tipo: *Well-Known Mandatory*
- Lista os números de AS que descrevem o percurso para atingir um destino
 - Contém o caminho de AS para um destino e pode ser utilizado no processo de decisão ou para detectar ciclos de encaminhamento
- Quando o anúncio de uma rota é propagada através de um sistema autónomo, o número do AS que se atravessa é adicionado à lista de AS que o anúncio já atravessou.



Atributo NEXT_HOP



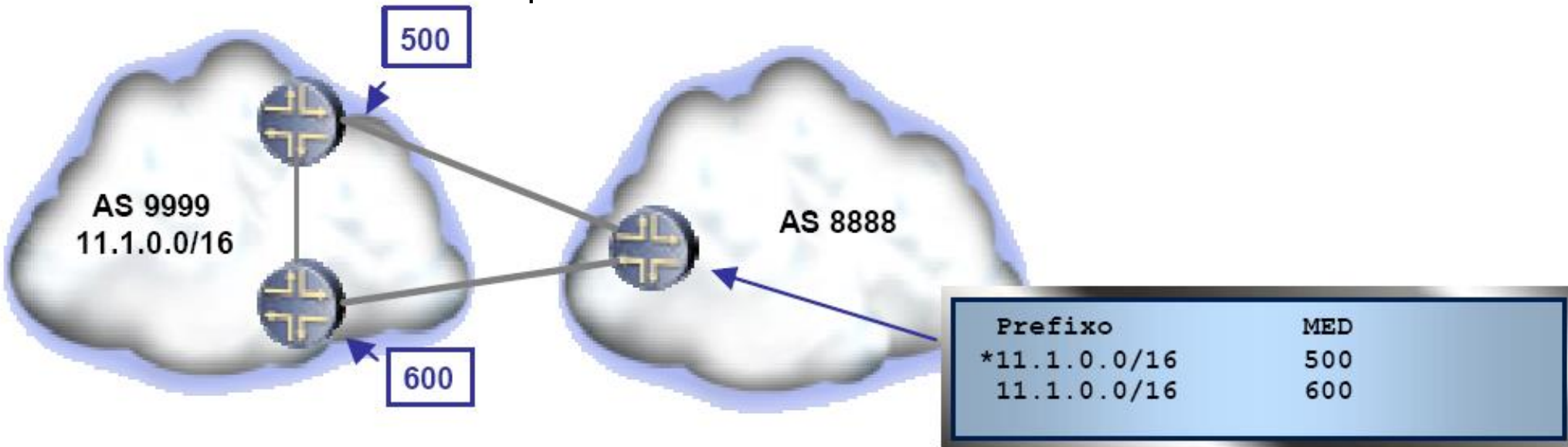
- Tipo: *Well-Known Mandatory*
- Endereço IP do *router* que se encontra no próximo salto para alcançar este destino.
 - O atributo *Next-Hop* é propagado dentro do mesmo AS
 - O atributo *Next-Hop* é modificado quando se anuncia uma rota



Atributo MULTI_EXIT_DISC



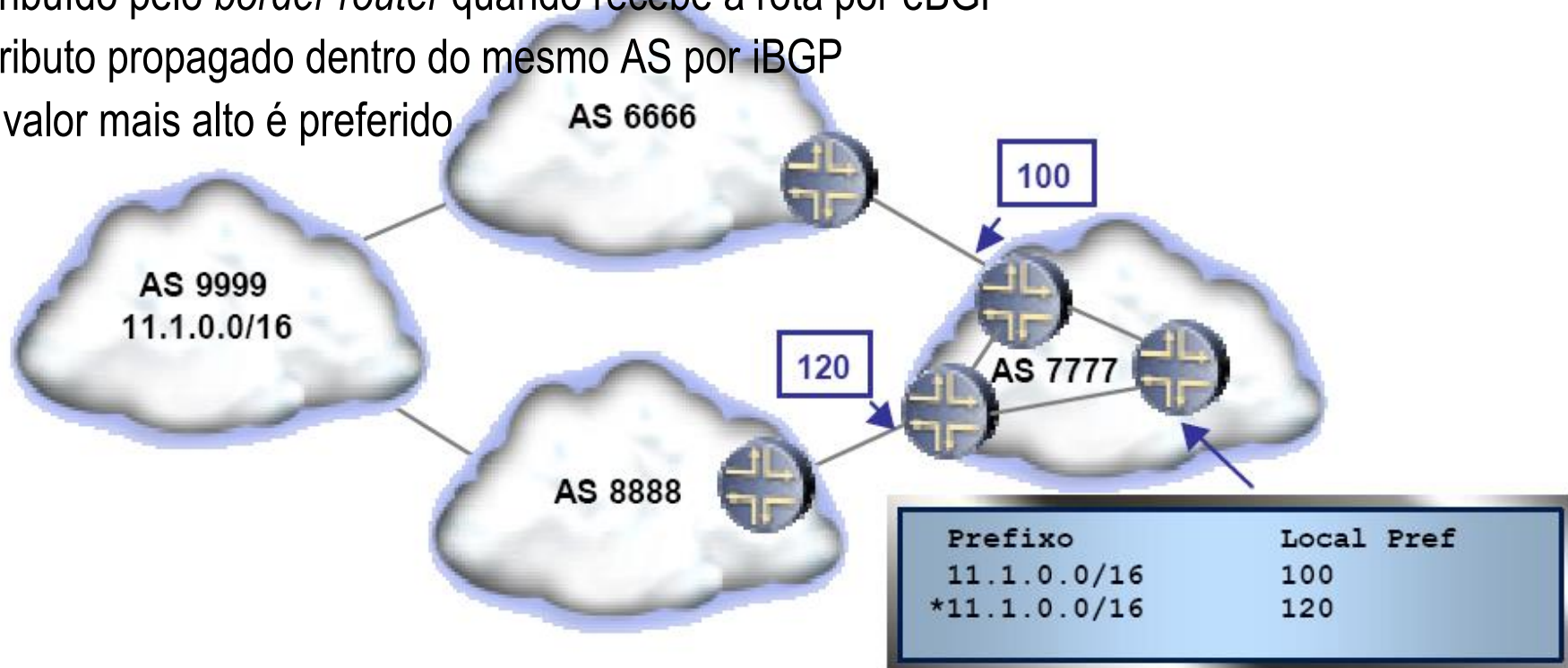
- Tipo: *Optional Non-Transitive*
- *Multi-Exit Discriminator* (MED): Quando um caminho inclui múltiplos pontos de saída ou entrada, este valor pode ser utilizado como uma métrica para discriminar entre eles
 - Atributo enviado como sugestão a um AS externo para dar preferência a um dos caminhos entre dois AS
 - O valor mais baixo é preferido



Atributo LOCAL_PREF



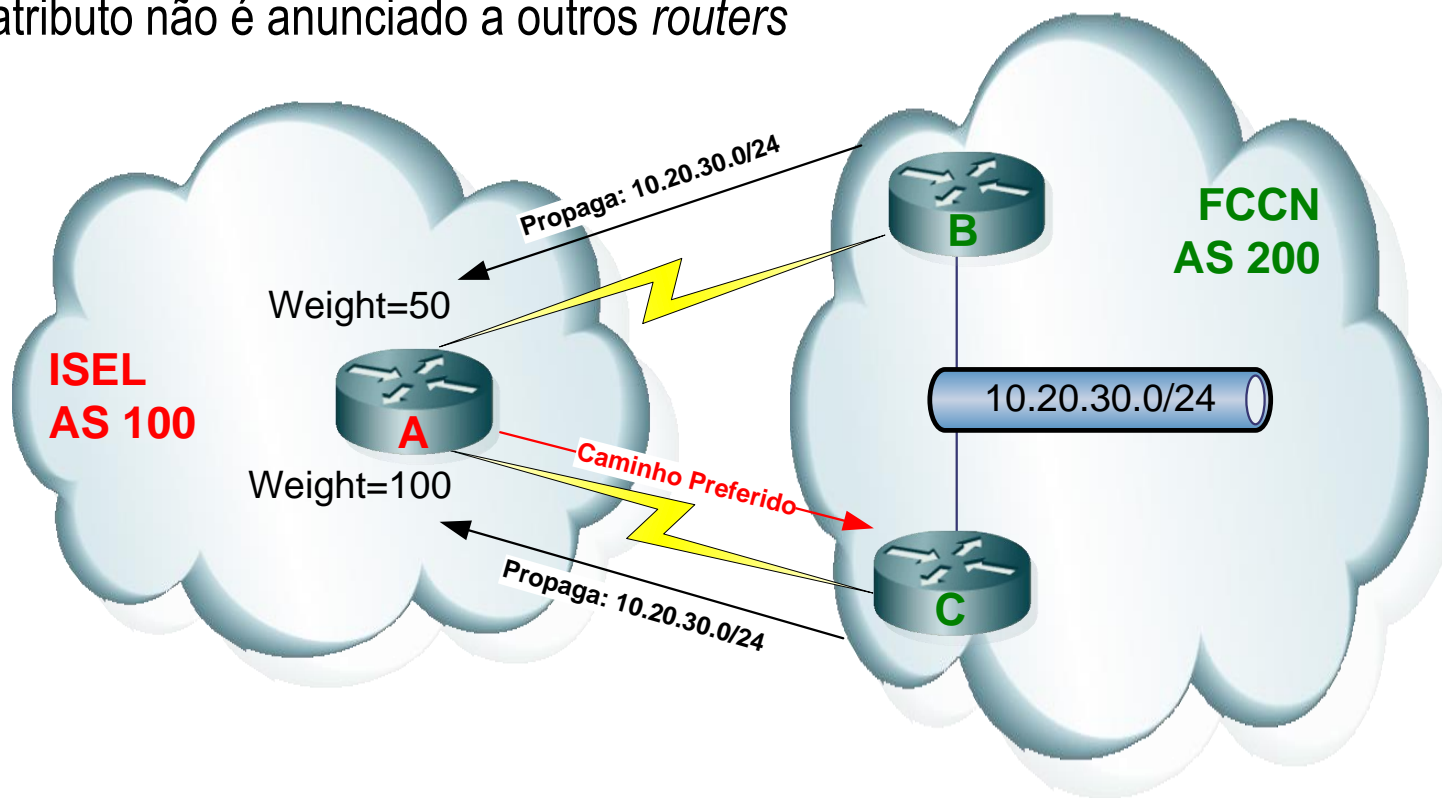
- Tipo: *Well-Known Discretionary*
- *Local preference*: Utilizado entre BGP speakers do mesmo AS para indicar o nível de preferência a um caminho de saída do sistema autónomo, para uma dada rota
 - Atribuído pelo *border router* quando recebe a rota por eBGP
 - Atributo propagado dentro do mesmo AS por iBGP
 - O valor mais alto é preferido



Atributo **WEIGHT** (proprietário da Cisco)



- Se um *router* aprende mais do que uma rota para o mesmo destino, a rota com o maior peso é utilizada
 - Atributo proprietário da Cisco que só tem significado no próprio *router*
 - Este atributo não é anunciado a outros *routers*



Atributo **ATOMIC_AGGREGATE** e **AGGREGATOR**



- Atributo **ATOMIC_AGGREGATE** (Tipo: *Well-Known Discretionary*): Um BGP *speaker* pode receber um conjunto de rotas sobrepostas onde uma é mais específica que outra
 - Por exemplo, considere a rota para a rede 34.15.67.0/24 e para a rede 34.15.67.0/26
 - Se o BGP *speaker* utilizar a rota menos específica (neste caso, 34.15.67.0/24) deve colocar este atributo com o valor de 1 para indicar que esta operação foi efectuada
 - Um BGP *speaker* que recebe a rota com o atributo **ATOMIC_AGGREGATE** não deve incluir qualquer anúncio com rotas mais específicas
- Atributo **AGGREGATOR** (Tipo: *Optional Transitive*):
 - Contém o número de AS e o *routerID* do *router* que efectuou a agregação de rotas; utilizado para *troubleshooting*.

Atributo COMMUNITY

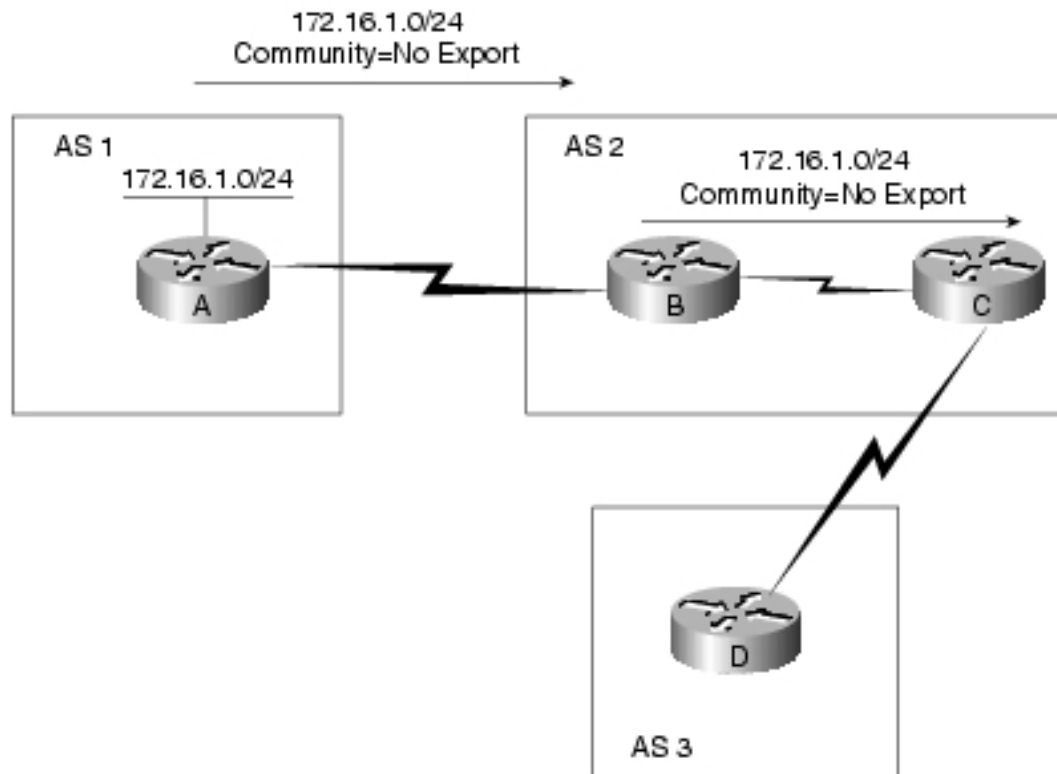


- O atributo Community (tipo *optional transitive*) fornece uma forma de agrupar destinos em *communities*, para as quais as decisões de encaminhamento (tais como aceitação, preferência, e redistribuição) podem ser aplicadas.
 - Um grupo de prefixos que partilham uma certa propriedade são marcados com a mesma *community*
 - Decisões de encaminhamento podem estar baseadas no atributo *community* da rota
 - Facilita e simplifica o controle das informações de rotas
 - Exemplos: AS#:120 (rotas de clientes), AS#:110 (rotas *backup* de clientes), AS#:90 (rotas de trânsito), etc..
- Três atributos foram predefinidos:
 - **no-export** : Não anunciar esta rota a nenhum *peer* eBGP
 - **no-advertise** : Não anunciar esta rota a nenhum *peer*
 - **Internet** : Anunciar esta rota a toda a Internet

Community = No Export



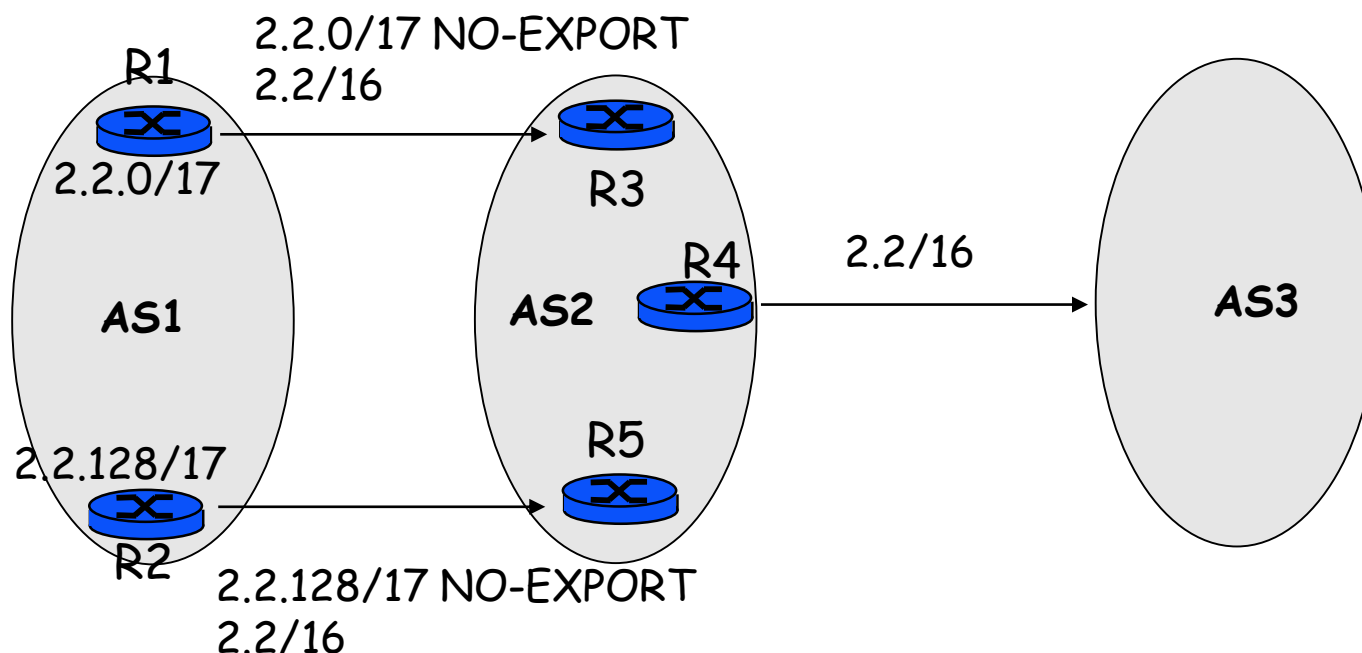
- Enviado por eBGP por um AS, transmitido por iBGP pelo AS que o recebe, não é reenviado



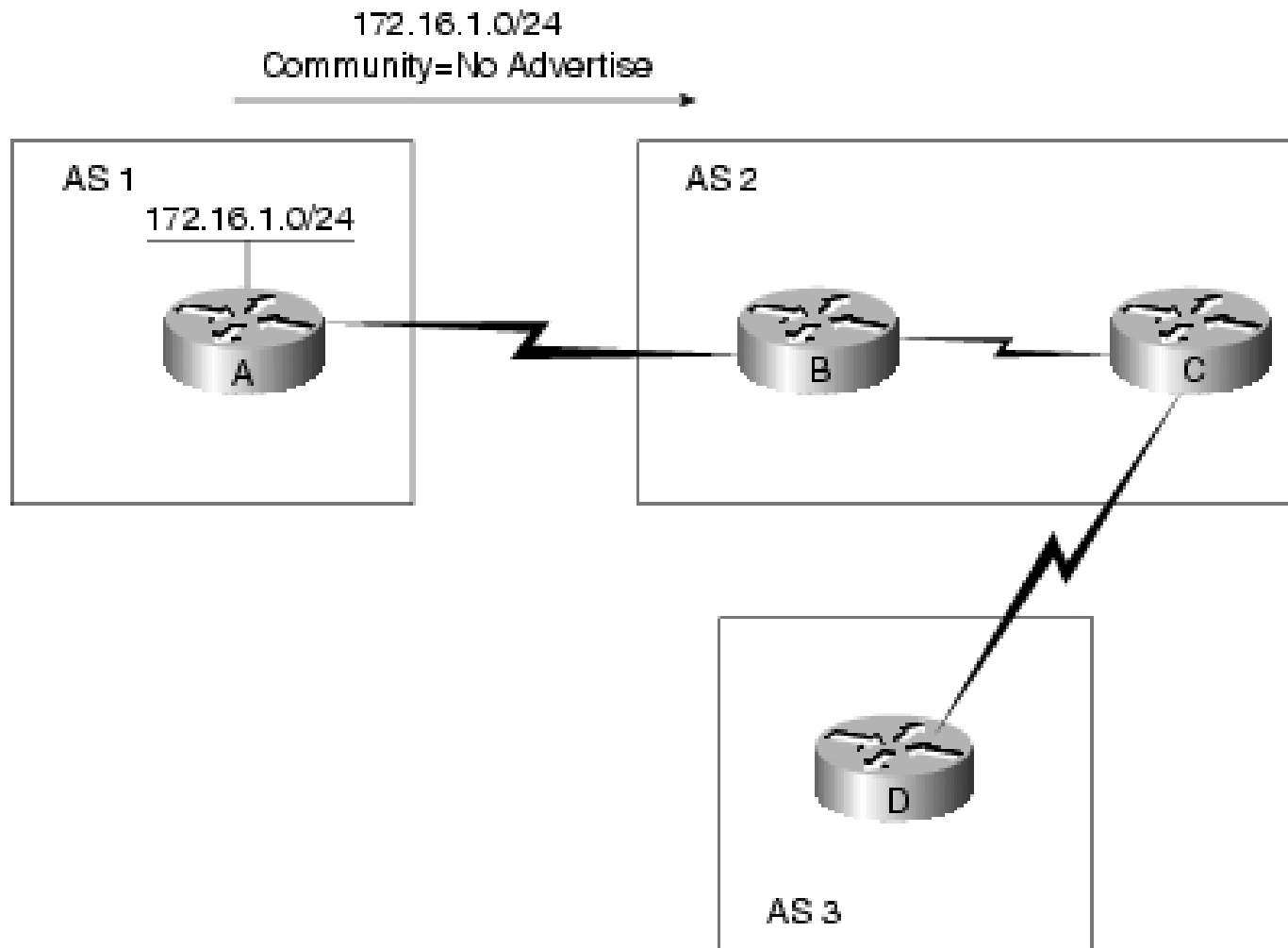
Community = No Export c/agregação



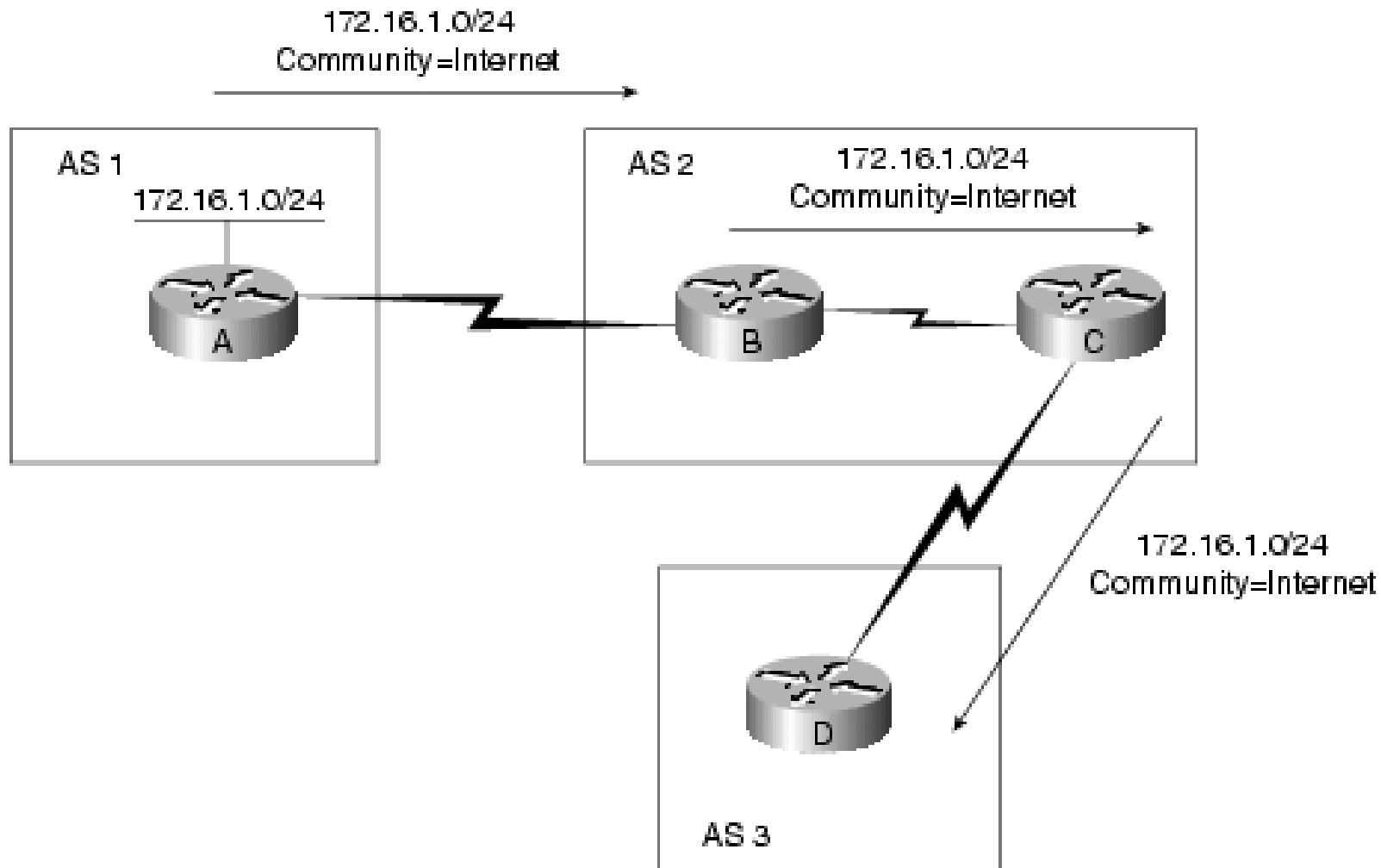
- Exemplo: AS1 têm diferentes rotas para AS2 mas AS2 apenas envia uma rota agregada para o AS3
 - Simplifica o processo de agregação no AS2
 - Qual é a rota seguida por um pacote com destino 2.2.48 recebido por R4?



Community = No Advertise



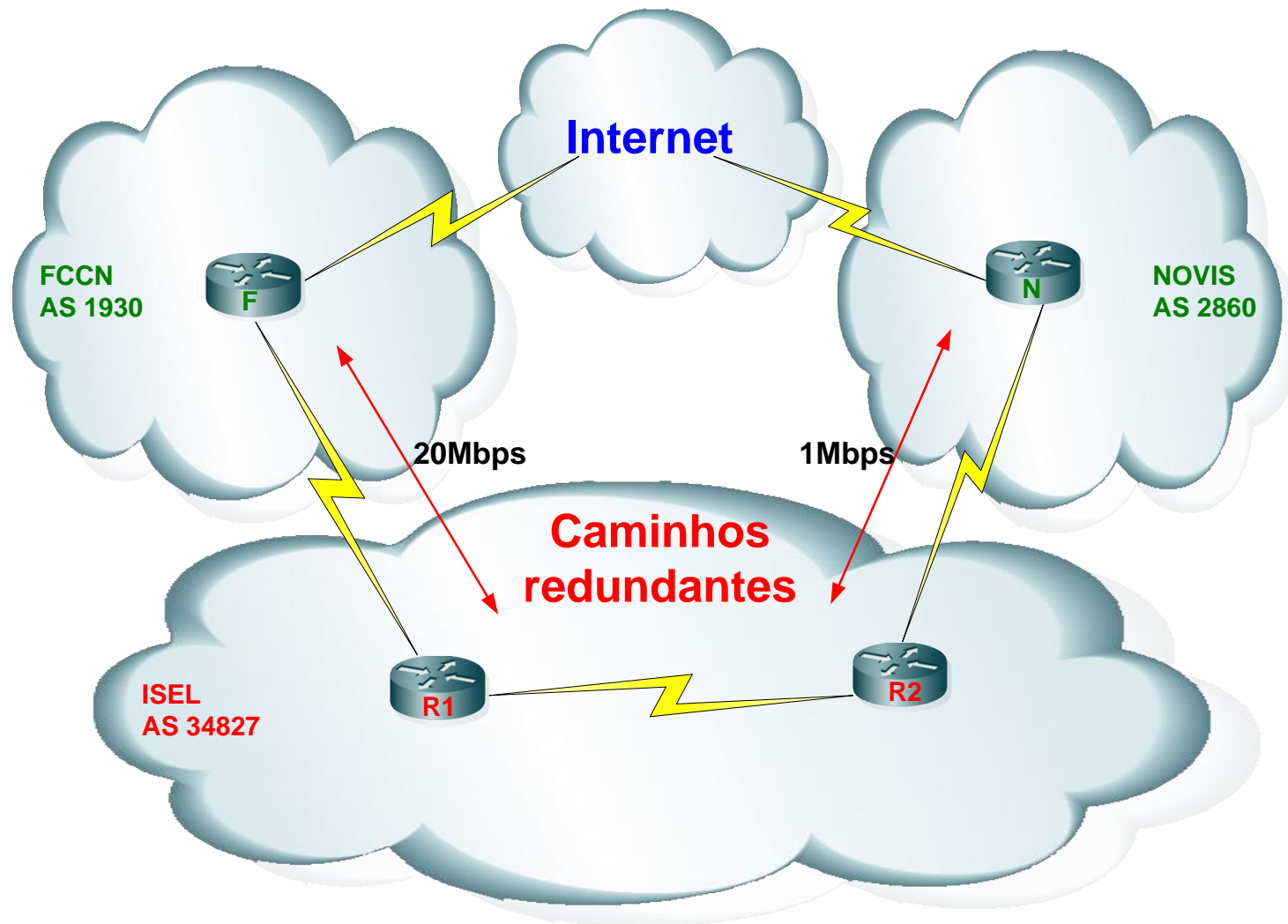
Community = Internet





- Introdução
- Border Gateway Protocol
- Mensagens BGP
- Atributos de Rotas
- Cenário prático: BGP
- Exemplos práticos BGP

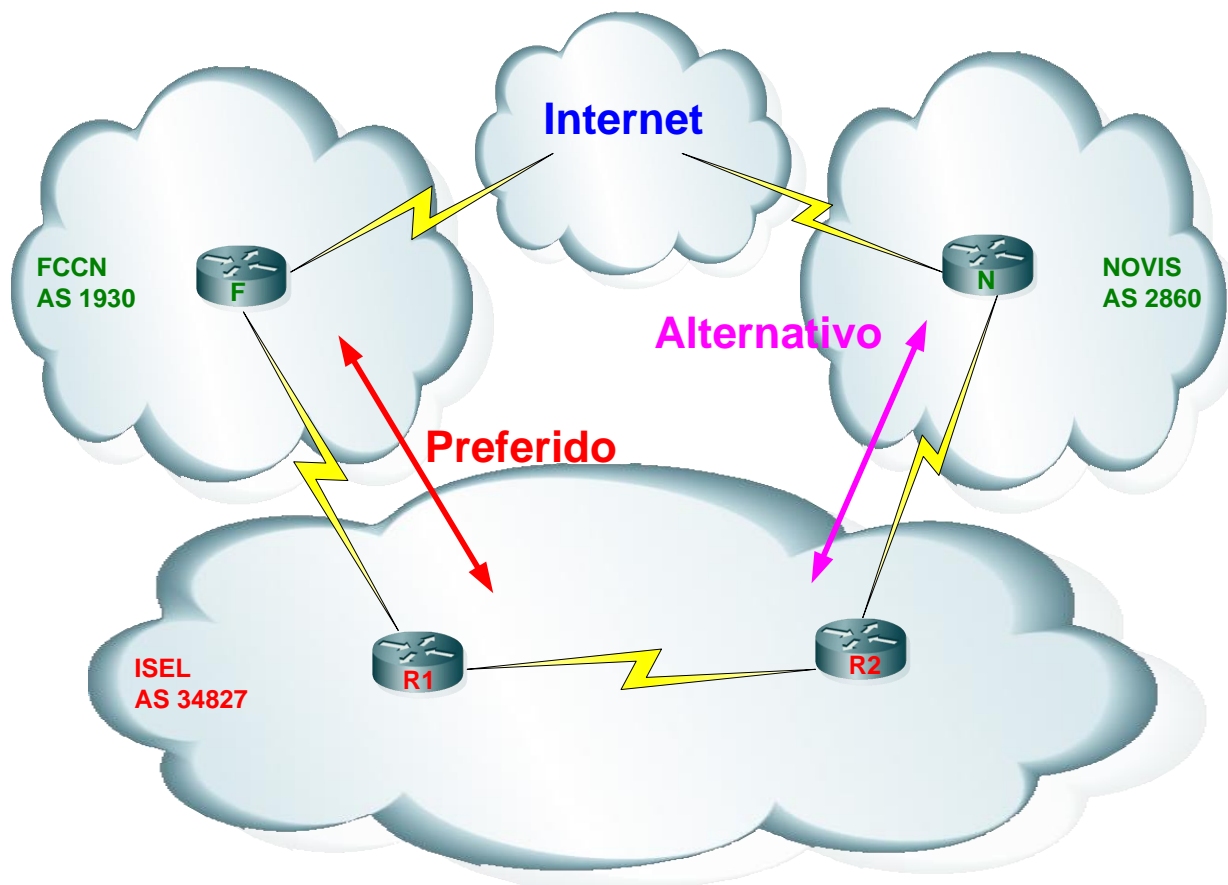
Configuração BGP - Cenário



Configuração BGP – Objectivos 1,2



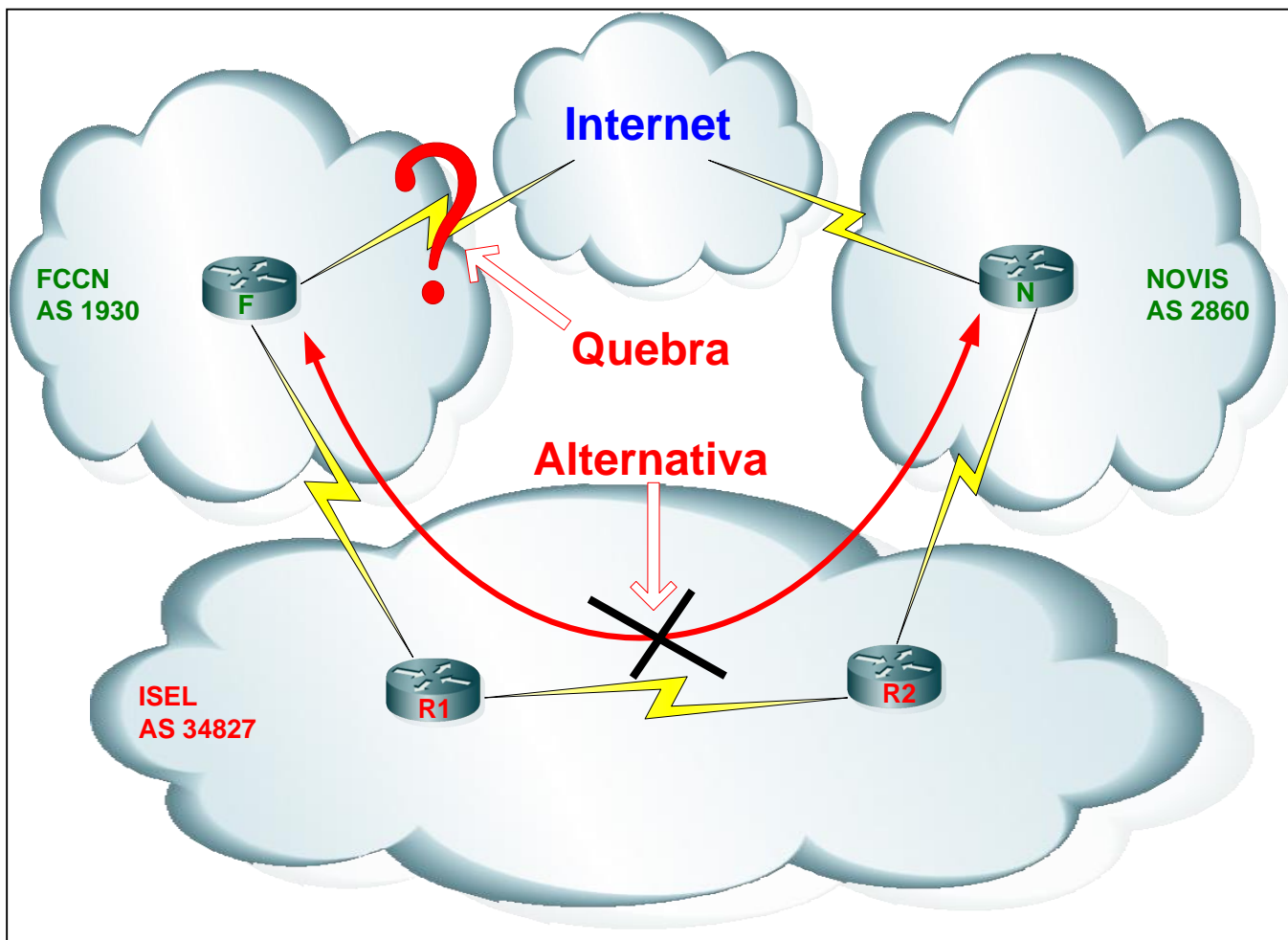
- Utilizar apenas um dos dois caminhos como preferido para tráfego bidireccional
- No caso do caminho preferido estar sem conectividade, utilizar o alternativo



Configuração BGP – Objectivo 3



- **Nunca** fornecer conectividade entre as instituições FCCN e NOVIS através da rede do ISEL

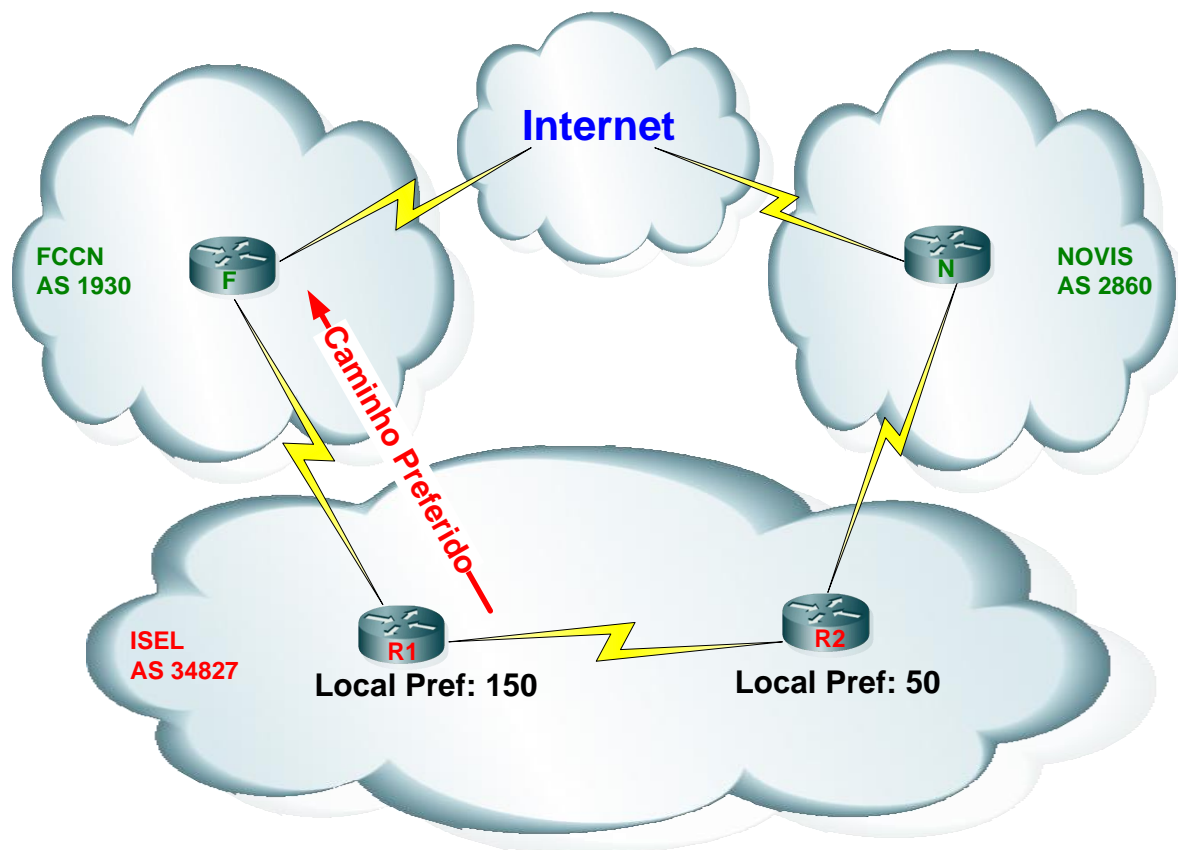


Configuração BGP – Resolução



- De modo a dar preferência de saída ao caminho com a FCCN em relação ao da NOVIS, utilizar o atributo *Local Preference*
 - Dar um valor mais elevado ao *Local Preference* do *router* adjacente à FCCN

Nota: Se os caminhos para os diferentes AS partirem do mesmo *router*, terá de ser utilizado o atributo *Weight*

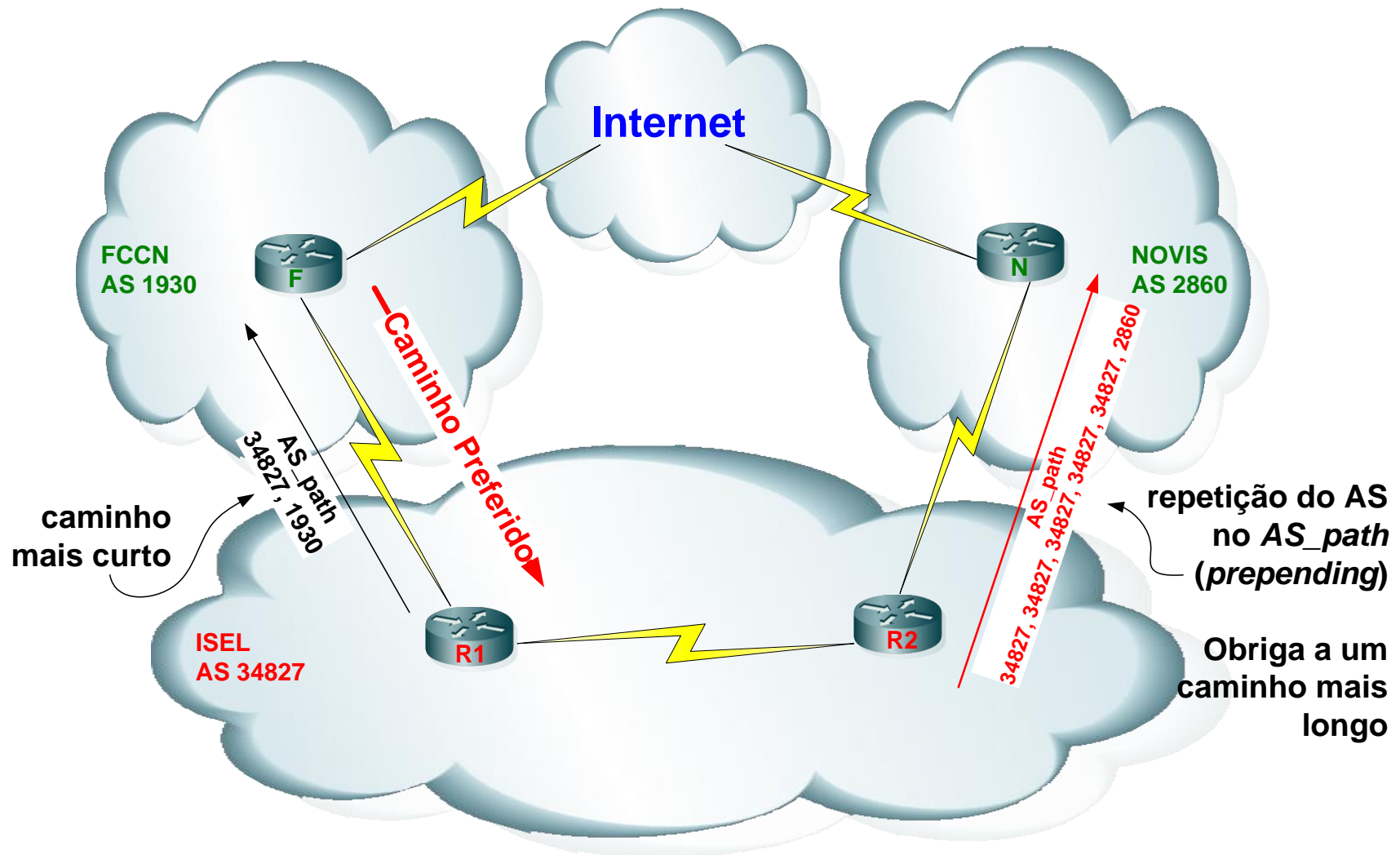


Configuração BGP – Resolução



- O caminho utilizado pelo tráfego de saída está garantido, o caminho de retorno não;
- Para que o tráfego de retorno volte garantidamente pelo caminho preferido, é necessário utilizar uma estratégia alternativa;
- Como na decisão do caminho a utilizar o AS_PATH mais curto é o preferido, a solução encontra-se em simular no caminho alternativo um AS_PATH mais longo.

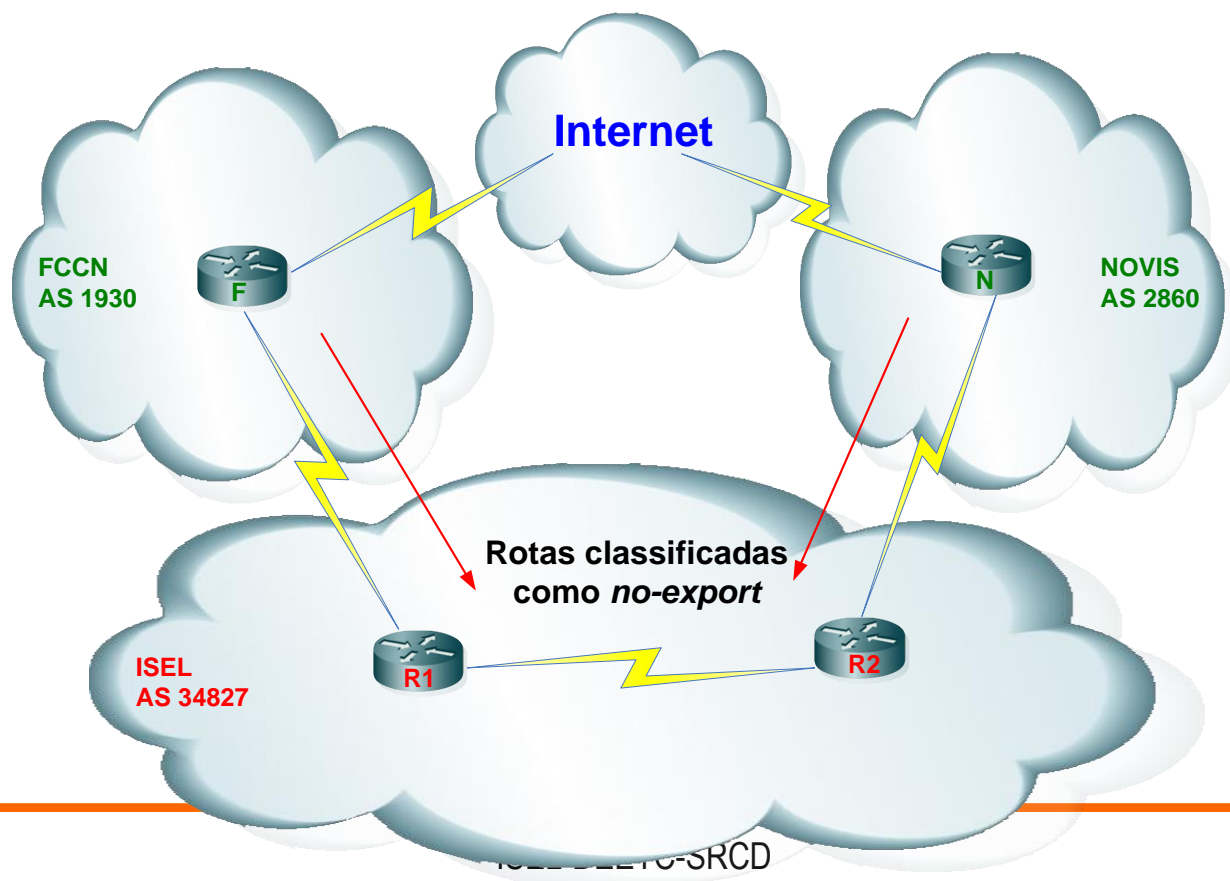
Configuração BGP – Resolução



Configuração BGP – Resolução

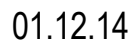


- O ISEL não deve fornecer conectividade entre as instituições FCCN e NOVIS.
- A solução está em classificar as rotas que chegam de outros AS como fazendo parte da *Community no-export*, deste modo a validade destas rotas cinge-se ao AS do ISEL e não são propagadas para outros AS.





- BGPlay
 - Análise da evolução das rotas BGP para determinado destino ao longo do tempo
- Route-servers
 - Acesso público (limitado) a routers de operadores com acesso à informação BGP sob o seu ponto de vista
- Looking-glass
 - Interface Web para *route-servers* e *traceroute/ping* remotos
 - Listagem de serviços públicos do género em:
 - <http://www.traceroute.org/>



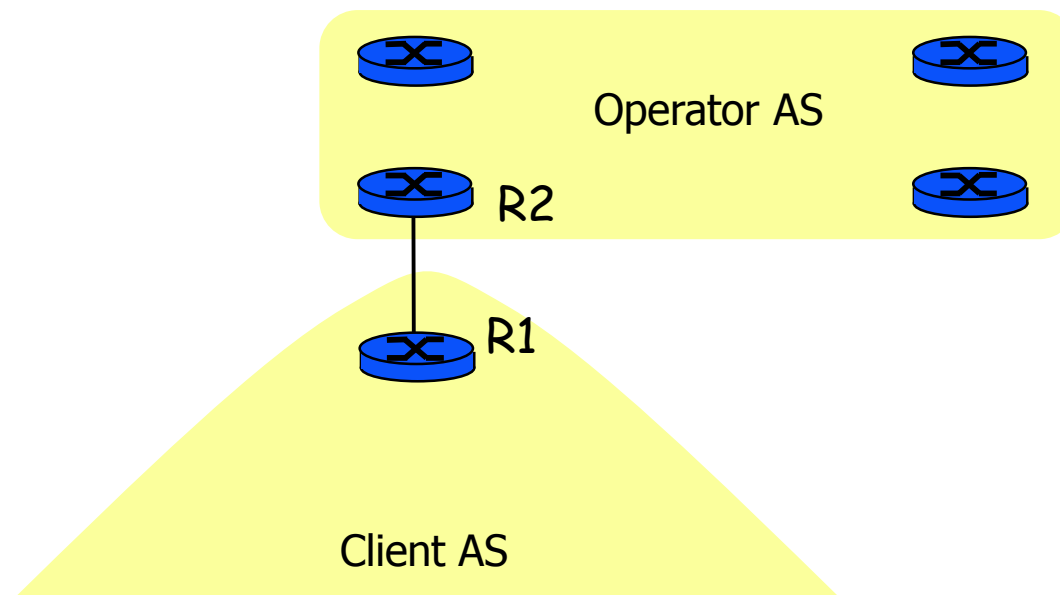


- Referências de BGP v4
 - RFCs 1771 e 1772 e 4271 - BGP v4
 - RFCs 1965 - Autonomous System Confederations
 - RFC 1966 - Route Reflection
 - RFC 1997 - Communities
 - RFC 2270 - Dedicated AS's
 - RFC 2283 - MBGP
 - RFC 2385 - BGP MD5 Authentication
 - RFC 2439 - Route Damping
 - RFC 2842 - Capabilities Negotiation
 - Protocol BGP - <http://www.networksorcery.com/enp/protocol/bgp.htm>
 - BGP Reports - <http://bgp.potaroo.net/>



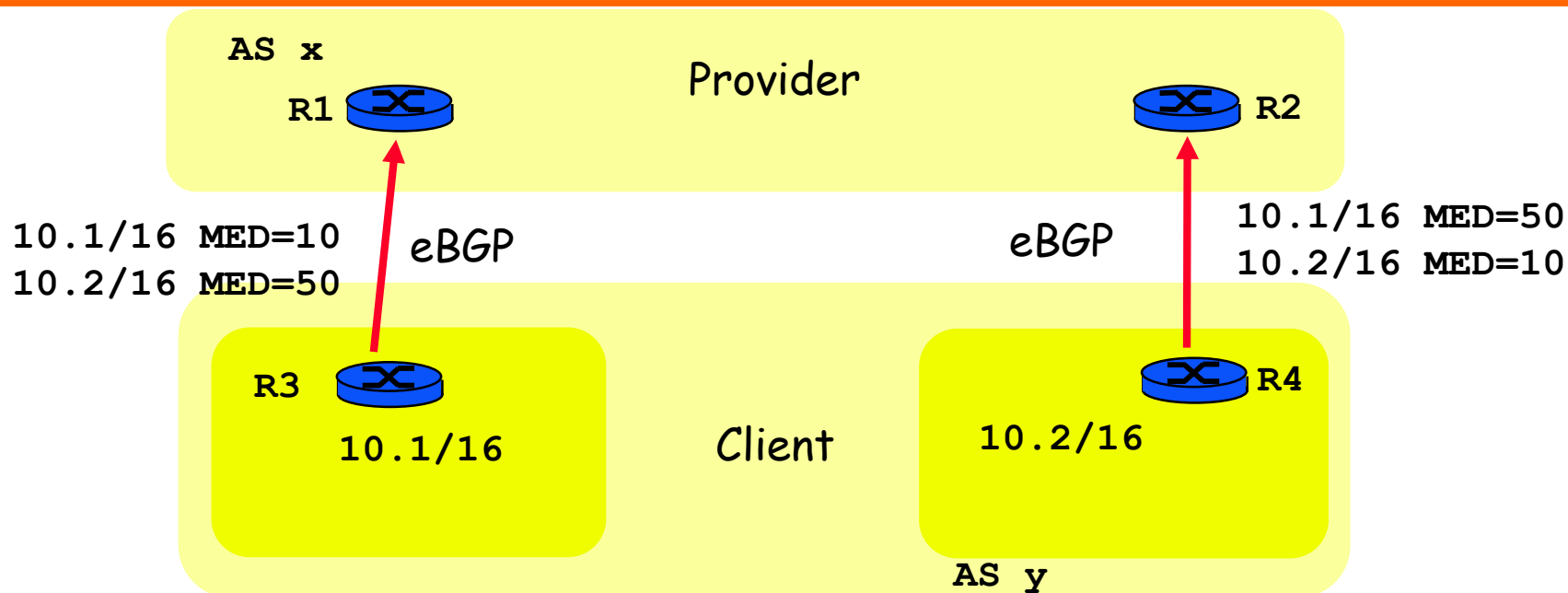
- Introdução
- Border Gateway Protocol
- Mensagens BGP
- Atributos de Rotas
- Cenário prático: BGP
- Exemplos práticos BGP

Exemplo prático 1: *Stub AS*



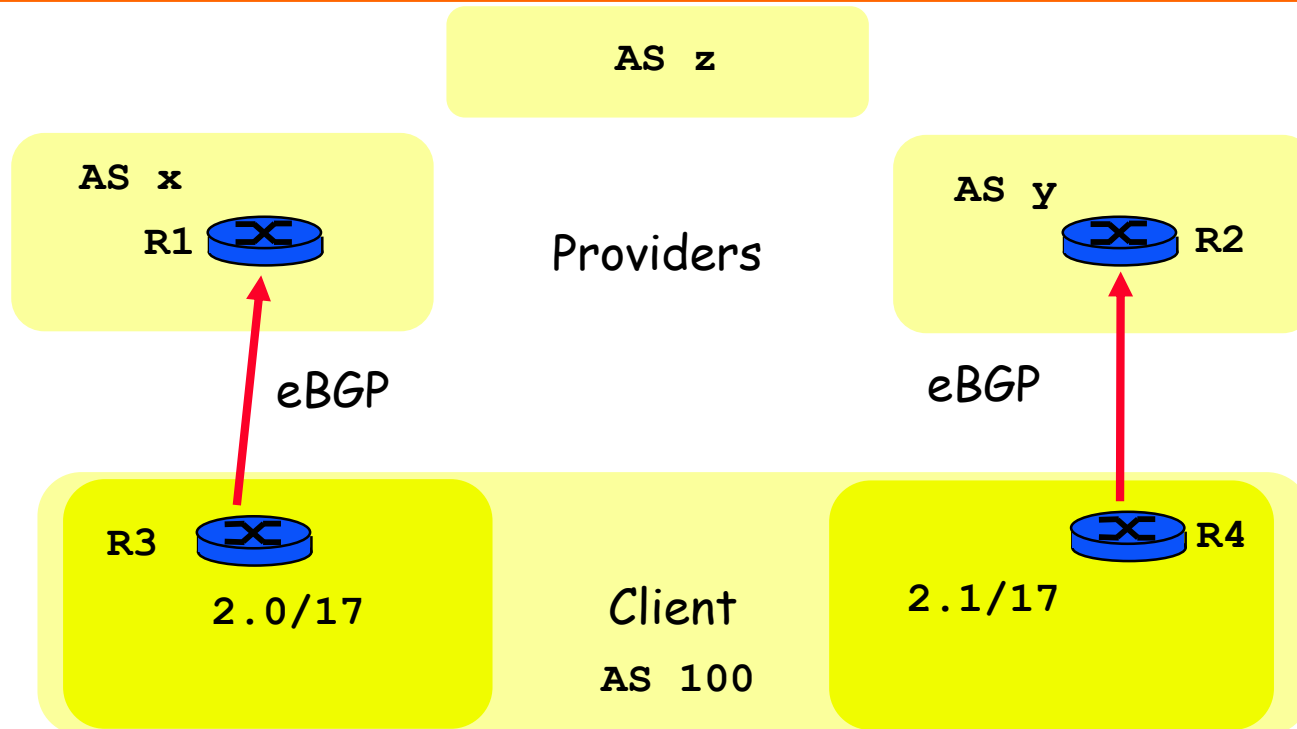
- BGP não é necessário entre cliente e fornecedor
- O cliente pode não ter número de AS
- R2 aprende todos os prefixos do cliente por configuração estática ou RIP na ligação R1—R2
- P1: E se R1 falhar ?

Stub AS, Dual Homing a um único fornecedor



- Com o cliente AS numerado:
 - Usar MED para partilhar tráfego do ISP para o cliente nas duas ligações
 - Usar configuração IGP do cliente para conseguir distribuir tráfego pelas duas ligações
 - P1: É possível evitar distribuir rotas BGP no IGP do cliente ? (sim)
 - P2: É possível evitar atribuir um número do AS ao cliente ? (sim, AS privado)
 - P3: É possível evitar o protocolo BGP entre cliente e ISP ? (sim, redistribuindo rotas)

Area stub, dual homing para vários ISPs



- Cliente com o seu espaço de endereçamento e número de AS
- P1: De que forma rotas podem ser anunciadas entre o AS 100 e AS x ? AS x e AS z ?
- P2: Assuma que o Cliente quer que a maior parte do tráfego seja enviada e recebida pelo AS y. Como se pode realizar isto ? (ver exemplo prático - IPL)

Exemplo *Hot Potato Routing*



- Pacotes do cliente 2 para o cliente 1
 - Tanto R21 como R22 têm uma rota para o cliente 1
 - O *shortest path routing* favorece R21
 - Assuma que os *routers* no ISP2 executam o BGP (regra: prefere o caminho com a métrica IGP mais baixa para o **next-hop** do BGP)
- De notar o caminho seguido na direcção inversa

Configuração Cisco BGP



```
router bgp 9876
```

```
network 10.0.0.0 255.0.0.0
```

```
neighbor 192.168.0.1 remote-as 5678
```

```
neighbor 192.168.0.1 password oursecret
```

- Inicialização da instância de BGP
- Definição da rede do AS
- Definição dos AS vizinhos

Configuração Cisco BGP



```
router bgp 9876
```

```
network 10.0.0.0 255.0.0.0
```

```
neighbor 192.168.0.1 remote-as 5678
```

```
neighbor 192.168.0.1 password oursecret
```

```
ip prefix-list AS5678 seq 5 permit 10.0.0.0/8
```

```
ip prefix-list AS5678 seq 1000 deny 0.0.0.0/0
```

```
neighbor 192.168.0.1 prefix-list AS5678 out
```

```
neighbor 192.168.0.1 maximum-prefix 5
```

- Criação de listas de filtros de prefixos às rotas importadas ou exportadas
- Limite no número máximo de prefixos

Configuração Cisco BGP



```
router bgp 9876
```

```
network 10.0.0.0 255.0.0.0
```

```
neighbor 192.168.0.1 remote-as 5678
```

```
neighbor 192.168.0.1 password oursecret
```

```
neighbor 192.168.0.1 route-map XPTO in
```

```
ip as-path access-list 999 permit _100$
```

```
!
```

```
route-map XPTO permit 10
```

```
match as-path 999
```

```
set ...
```

- Alterações aos atributos das rotas anunciadas/importadas
 - “set”
- Alterações podem ser aplicadas condicionalmente
 - “match”

Configuração Cisco BGP – Exemplo 1



- INTERFACE
- NETWORK
- NEIGHBOR
- IP AS-PATH
- IP PREFIX-LIST
- IP ACCESS-LIST
- ROUTE-MAP